



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA UNIFICACIÓN ACTIVA Y PASIVA DE REDES DE ACCESO PARA SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE MÚLTIPLES OPERADORES”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo la obtención del Título de:

MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

Presentada por:

JOSÉ FÉLIX MONCAYO REA

Guayaquil – Ecuador
2016

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a Dios, a mi director de tesis M.Sc. César Yépez, por su valiosa colaboración para desarrollar con éxitos este trabajo y haberme guiado con sus sabias enseñanzas en mi etapa académica.

A mi familia, mi novia y amigos que me brindaron todo su apoyo de manera incondicional.

A todas las personas que me ayudaron durante este nuevo reto

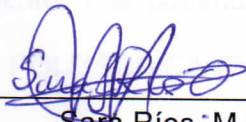
José Félix Moncayo Rea.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a DIOS que es la grandeza de mi FE, a mis amados padres, a mi novia Andrea Freire Peñaherrera, a mis hermanos Iralda, Javier, Ruddy, mi cuñada Johana, mis sobrinos Anniston, Javier y Matías quienes en conjunto son en el pilar fundamental de mi vida.

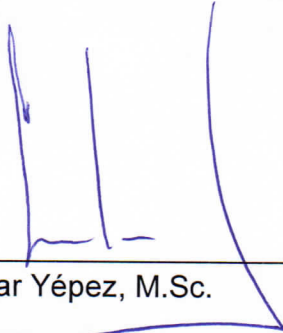
José Félix Moncayo Rea.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



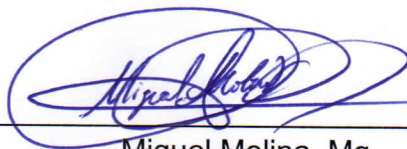
Sara Ríos, M.Sc.

SUBDECANA DE LA FIEC



César Yépez, M.Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

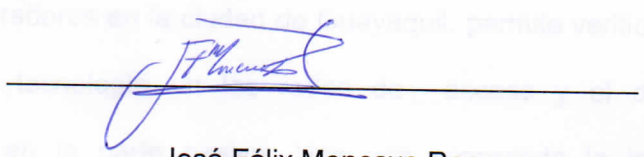


Miguel Molina, Mg.

MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Trabajo de Titulación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL". (Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).



José Félix Moncayo Rea

RESUMEN

La infraestructura de las redes de acceso fijo alámbrico, incluyendo la acometida a predios, en el país, se ha desplegado de manera desordenada produciendo contaminación visual y desfavoreciendo la reducción de la brecha digital, obligando a que las políticas de regulación de telecomunicaciones incluyan una resolución de soterramiento obligatorio de cables. El presente estudio realiza una investigación de las oportunidades que pudieran generarse a partir de un soterramiento de cables ejecutado mediante una obra civil compartida entre diferentes operadores, que permite compartir también sus elevados costos. De esta manera se empieza con un concepto básico de las redes de acceso fijo, una encuesta realizada a un grupo de operadores en la ciudad de Guayaquil, permite verificar la situación actual de la tecnología en las redes de acceso y el desarrollo que corresponde en la parte pasiva. Una vez procesada la información se pretende analizar y diseñar una posible compartición de infraestructura pasiva, y activa usando una plataforma CCAP con el objetivo de brindar servicios de telecomunicaciones de múltiples operadores en la respectiva acometida del usuario. Finalmente se realiza un análisis desde el aspecto legal, y económico debido a que puede generar un nuevo modelo de negocio.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ABREVIATURAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xix
INTRODUCCIÓN	xxi
CAPÍTULO 1	1
1.1 Introducción.-	1
1.2 Descripción del problema.-	2
1.3 Solución Propuesta.-.....	7
1.4 Objetivos.-.....	7

1.5	Objetivos específicos.-.....	8
1.6	Metodología.-.....	8
CAPÍTULO 2.....		11
2.1	Red de transporte y acceso.-.....	11
2.2	Tecnología usada en los operadores de telecomunicaciones transporte y acceso.-.....	23
2.3	Esquema de asignación y uso de ancho de banda para cada servicio y para cada sector geográfico de cobertura.-	27
CAPÍTULO 3.....		32
3.1	Generalidades de infraestructura pasiva de la red.-	32
3.2	Análisis de la comparticiones pasivas de la red de cada operador.-	34
CAPÍTULO 4.....		39
4.1	Redes convergentes.-.....	39
4.2	Elementos comunes.-	40
4.2.1	Red de transporte.-	40
4.2.2	Red de acceso-	41
4.3	Diseño de la red para la unificación activa y pasiva de las redes de acceso.-.....	66
4.4	Condiciones y limitaciones.-	89

CAPÍTULO 5.....	93
5.1 Normas legales de la compartición activa y pasiva de la red.-	93
5.1.1 Normas legales para la construcción de la infraestructura de la red en la Ciudad de Guayaquil.-	95
5.1.2 Normas legales para la compartición pasiva de la red en la Ciudad de Guayaquil.-.....	98
5.1.3 Normas legales para la compartición activa de la red en la Ciudad de Guayaquil.-.....	105
5.2 Análisis de normas legales para la compartición activa y pasiva de la red en la Ciudad de Guayaquil.-	111
5.3 Aspecto Económico de la compartición activa y pasiva de la red.-	113
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES.....	125
ANEXOS.....	126
BIBLIOGRAFÍA.....	129

ABREVIATURAS

ADSL:	Línea de Abonado Digital Asimétrica
AN:	Access Network
APON:	Red Pasiva Óptica-Modo de Transferencia Asíncrona
ARCOTEL:	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
ATM:	Modo de Transferencia Asíncrona
BPON:	Red Óptica Pasiva de Banda Ancha
BPSK:	Modulación por desplazamiento de fase
CATV:	Televisión por Cable
CCAP:	Plataforma de Acceso para Cable Convergente
CEPAL:	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CM:	Módem de cable
CMTS:	Sistema de Terminación de Módem de Cable
CONATEL:	Consejo Nacional de Telecomunicaciones
CPE:	Customer Premises Equipment
DBA:	Asignación de Ancho de Banda Dinámico
DSL:	Línea de Abonado Digital

DOCSIS:	Data Over Cable Service Interface Specification
D-ONU:	Unidad de Red Óptica DPoG
DPoE:	DOCSIS Provisioning of EPON
DPoG:	DOCSIS Provisioning of GPON
EPON:	Ethernet sobre Red Óptica Pasiva
EQAM:	Modulador QAM en borde
ERMI:	Interfaz lógica gestión de recursos de borde
E1:	Formato de Transmisión Digital 2048kbps
E3:	Formato de Transmisión Digital 34Mbps
FEC:	Forward Error Correction
FTTB:	Fibra hasta la acometida del edificio
FTTC:	Fibra hasta el armario de telecomunicaciones
FTTH:	Fibra hasta el hogar
FTTN:	Fibra hasta el nodo central
FTTx:	Familia de Tecnología de acceso con fibra óptica
GEM:	Método de Encapsulación GPON
GEM ID:	Identificación del puerto GEM
GEAPON:	Giga bit Ethernet sobre Red Óptica Pasiva

GPON:	Red Óptica Pasiva con capacidad Giga bit
GTC:	Convergencia de Transporte GPON
HDSL:	Alta Línea de Abonado Digital
HDTV:	High Definition TV
HFC:	Híbrido de Fibra-Coaxial
HSD:	Datos de Alta Velocidad
HSI:	Internet de Alta Velocidad
IEEE:	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP:	Protocolo de Internet
IPv6:	Protocolo de Internet versión 6
ISDN:	Integrated Services for Digital Network
LDPC:	Low Density Parity Check
LOT:	Ley Orgánica de Telecomunicaciones
L2VPN:	Red Privada Virtual de Capa 2
MAC:	Control de Acceso al medio
MINTEL:	Ministerio de Telecomunicaciones
MPEG:	Moving Picture Experts Group
MPLS:	Multiprotocol Label Switching

MSTP:	Multiservice Transport Platform
NGA:	Red de Acceso de la Nueva Generación
NNI:	Network to Network Interface
NSI:	Interfaz del lado de red
OC:	Oficina Central
ODN:	Red de Distribución Óptica
OFDM:	Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales
OFDMA:	Acceso Múltiple por División de Frecuencias Ortogonales
OAM:	Operación, administración y mantenimiento
OLT:	Línea de Terminación Óptica
ONU:	Unidad Óptica de Usuario
OSI:	Open System Interconnection
OSS:	Sistema de Soporte y Operaciones
PON:	Red Óptica Pasiva
POTS:	Plain Old Telephone Service
PSTN:	Red Telefónica Pública Conmutada
QAM:	Modulación de amplitud en cuadratura
QPSK:	Desplazamiento de fase en cuadratura

Q3:	Interfaz de gestión y control
RF:	Radiofrecuencia
SC-QAM:	Single Carrier QAM
SENATEL:	Secretaria Nacional de Telecomunicaciones
SDH:	Jerarquía Digital Síncrona
SHDSL:	Línea de Abonado Digital de un solo par de alta velocidad
SNI:	Service Node Interface
SN:	Service Node
SNMP:	Protocolo Simple de Administración de Red
SNR:	Relación Señal Ruido
STB:	Set top o conocido como decodificador
SUPERTEL:	Superintendencia de Telecomunicaciones
TAP:	Acoplador
T-CONT:	Contenedor de Transmisión
TCP:	Protocolo de Control de Transmisión
TIC:	Tecnologías de la Información y Comunicación
TDM:	Multiplexación por División de Tiempo
TDMA:	Acceso Múltiple por División del Tiempo

T1:	Formato de Transmisión Digital 1.544Mbps
UDP:	User Datagram Protocol
UIT:	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UNI:	User Network Interface
VDB:	Video Digital Broadcasting
VDS:	Video Digital Switching
VDSL:	Línea de Abonado Digital de muy alta velocidad
VLAN:	Red de área local virtual
VPN:	Red privada virtual
VoD:	Video sobre Demanda
VoIP:	Voz sobre IP
WDM:	Multiplexación por División de Longitud de Onda
xDSL:	Tecnología de Línea de Abonado Digital
XG-PON:	Red Óptica Pasiva con capacidad 10 Giga bit
10G-EPON:	10 Gigabit-Ethernet- PON

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Contaminación Visual [3]	3
Figura 1.2 Desorden de las diferentes acometidas	5
Figura 1.3 Representación de una sola acometida	6
Figura 2.1 Fronteras de la red de acceso	13
Figura 2.2 Arquitectura FTT-x	16
Figura 2.3 Arquitectura PON	18
Figura 2.4 Arquitectura HFC	22
Figura 2.5 Arquitectura del Sistema Modular CMTS	23
Figura 2.6 Distribución del Mercado de Servicio Audio y Video por Suscripción	28
Figura 2.7 Distribución del Mercado de Servicio de Telefonía Fija [25]	28
Figura 2.8 Distribución del Mercado de Servicio de Internet Fijo [6]	29
Figura 3.1 Diferentes Acometidas	34
Figura 3.2 Porcentaje de Soterramiento en la ciudad de Guayaquil	37
Figura 3.3 Compartición de la Infraestructura pasiva [28]	38
Figura 4.1 Plataforma SDH la unión de paquetes [34]	41
Figura 4.2 Características Generales de las redes HFC	42
Figura 4.3 Cobertura de la red HFC	44
Figura 4.4 Elementos Básicos de una red HFC	45

Figura 4.5 Envío Ascendente del paquete en una red HFC.....	47
Figura 4.6 Evolución DOCSIS.....	56
Figura 4.7 Protocolo GPON	60
Figura 4.8 Multiplexación en la red GPON.....	63
Figura 4.9 Arquitectura GPON-FTTH.....	64
Figura 4.10 Objetivo del Diseño.....	66
Figura 4.11 Redes más comunes en la ciudad de Guayaquil	67
Figura 4.12 Panorama General de la unificación de redes de acceso.....	68
Figura 4.13 Arquitectura CCAP.....	70
Figura 4.14 Capacidad General de la Compatibilidad CCAP.....	76
Figura 4.15 Tasas de Transmisión EPON-GPON.....	82
Figura 4.16 Nodos de acceso-alejados.....	86
Figura 4.17 Nodos de acceso-cercanos	86
Figura 4.18 Zona de Tráfico-nodo de acceso-alejado.....	87
Figura 4.19 Zona de Tráfico-nodo de acceso-cercano	87
Figura 4.20 Arquitectura del CCAP-GPON	88
Figura 4.21 Diferentes zonas de tráfico	90
Figura 5.1 Pasos para el análisis legal de la compartición de la Infraestructura	94
Figura 5.2 Diagrama Básico de la construcción de obra civil de las redes de Telecomunicaciones en la ciudad de Guayaquil	95

Figura 5.3 Diagrama Básico del aspecto Legal para la construcción y compartición de la infraestructura de Telecomunicaciones	97
Figura 5.4 Aspectos Fundamentales para la compartición pasiva	101
Figura 5.5 Acceso abierto y modelo OSI [68]	108
Figura 5.6 Compartición de Infraestructura pasiva en el mundo [72].....	112
Figura 5.7 Aspectos Generales para la compartición activa y pasiva de las redes de Telecomunicaciones	113
Figura 5.8 Compartir la infraestructura es beneficio en costo para el usuario [72].....	114
Figura 5.9 Evolución del concepto en compartir infraestructura de telecomunicaciones [72]	115
Figura 5.10 Componentes Principales de la economía digital [74]	116
Figura 5.11 Impactos del modelo de negocio	119
Figura 5.12 Dinámica de la Compartición de la Infraestructura	120
Figura 5.13 Aspecto legal y económico para la dinámica de la compartición de la Infraestructura	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tecnología x-DSL	14
Tabla 2 Tecnología x-PON	19
Tabla 3 Tecnología usada en la red de transporte.....	24
Tabla 4 Tecnología de Acceso del Operador A	25
Tabla 5 Tecnología de Acceso del Operador B	25
Tabla 6 Tecnología de Acceso del Operador C	26
Tabla 7 Tecnología de Acceso del Operador D	26
Tabla 8 Tecnología de Acceso del Operador E	27
Tabla 9 Velocidad de Transmisión por servicio-Operador A.....	30
Tabla 10 Velocidad de Transmisión por servicio-Operador B.....	30
Tabla 11 Velocidad de Transmisión por servicio-Operador C.....	30
Tabla 12 Velocidad de Transmisión por servicio-Operador D.....	31
Tabla 13 Velocidad de Transmisión por servicio-Operador E.....	31
Tabla 14 Elementos pasivos de una red alámbrica	33
Tabla 15 Sectorización de la Canalización Subterránea.....	35
Tabla 16 Redes de Acceso en la ciudad de Guayaquil.....	42
Tabla 17 Observaciones Básicas de la red HFC	43
Tabla 18 Asignación de frecuencia para DOCSIS	48
Tabla 19 Canal Descendente DOCSIS1.0/1.1/2.0	50
Tabla 20 Modulación para el Canal Ascendente DOCSIS 1.0/1.1/2.0.....	51

Tabla 21 Velocidad de Subida DOCSIS 1.0/1.1/2.0.....	51
Tabla 22 Características del Canal Ascendente DOCSIS 3.0/3.1.....	52
Tabla 23 Velocidad de transmisión del Canal Descendente DOCSIS 3.0/3.1	53
Tabla 24 Máximo tipo de modulación DOCSIS 3.1	54
Tabla 25 Velocidad de subida DOCSIS 3.0/3.1	57
Tabla 26 Series de la Recomendación UIT-T-G.984.1-5	58
Tabla 27 Servicios Video EQAM-CCAP.....	73
Tabla 28 Servicios DOCSIS-CCAP.....	74
Tabla 29 Características de Interfaces Entrada/Salida-CCAP	77
Tabla 30 Limitaciones del equipo CCAP.....	91
Tabla 31 Comparación entre plataformas tecnológicas	92
Tabla 32 Comparación entre Servicios	92
Tabla 33 Ventajas y Desventajas de los Aspectos Fundamentales.....	107
Tabla 34 Variables que intervienen en el modelo de negocio.....	122

INTRODUCCIÓN

Este estudio realiza una investigación acerca del beneficio que tiene el soterramiento de redes de cables de telecomunicaciones y su compartición de la obra civil las cuales están ejecutándose en el país, siendo el principal beneficio, la reducción de la brecha digital y la contaminación visual, además como objetivo se puede tener la unificación de varios servicios de telecomunicaciones de múltiples operadores mediante un solo medio alámbrico hacia el usuario final, de tal manera que involucra la compartición activa y pasiva de las redes de telecomunicaciones.

El capítulo 1 hace referencia a la solución de la problemática de la contaminación visual de tal forma que se reduzca mediante el soterramiento ordenado de las redes de telecomunicaciones, permitiendo analizar la posibilidad de compartir la infraestructura activa y pasiva para brindar mediante una sola acometida diferentes servicios de múltiples operadores.

El capítulo 2 contiene conceptos de la red de transporte y red de acceso fijo con su respectiva clasificación en las diferentes tecnologías, también incluye información de la encuesta acerca de las zonas de alto tráfico de un grupo de operadores de la ciudad de Guayaquil permitiendo conocer la capacidad de transmisión en los nodos de acceso y la tecnología empleada por cada operador para brindar distintos servicios de telecomunicaciones.

El capítulo 3 se enfoca en el desarrollo del soterramiento de cables de telecomunicaciones en la ciudad de Guayaquil y la compartición pasiva entre operadores.

El capítulo 4 realiza un análisis para el diseño de la red en la ciudad de Guayaquil basado en una compartición activa y pasiva para brindar mediante un solo medio alámbrico diferentes servicios de telecomunicaciones de múltiples operadores, además establecer las condiciones y limitaciones.

El capítulo 5 contiene las normas legales que pueden sustentar una construcción y compartición de infraestructura de las redes de telecomunicaciones y además se describe el aspecto económico que conlleva este nuevo modelo de negocio.

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN

1.1 Introducción.-

La rápida evolución de la tecnología ha permitido que el país realice cambios de políticas en la regulación de las telecomunicaciones con el objetivo de reducir la brecha digital, ejecutándose un despliegue ordenado de una infraestructura pasiva, que en su parte civil ya es compartida entre operadores; además soluciona el problema de la contaminación visual [1]. Surge entonces, la coyuntura de analizar una posible compartición de Infraestructura activa desde un marco técnico y regulatorio con la finalidad de mejorar el acceso al servicio de telecomunicaciones.

1.2 Descripción del problema.-

En el país existe una problemática como resultado de la instalación desordenada de cables la cual involucra las redes de energía eléctrica y telecomunicaciones requiriendo una acción inmediata mediante la expedición de políticas de Estado que norme el Soterramiento, Ordenamiento de Cables y Mimetización de Infraestructura aérea en el Ecuador.

En efecto, se aprobó la Disposición No. 05-07-CONATEL-2014, en la cual se establece que:

1. *“SENATEL elaborará la Norma correspondiente a la compartición de infraestructura para aprobación del CONATEL, y un informe sobre el Marco Regulatorio que viabilice la introducción al mercado de empresas que presten servicios mayoristas portadores, de alquiler de fibra óptica e infraestructura.”.*
2. *“La Superintendencia de Telecomunicaciones presentará para aprobación del CONATEL, un plan para el retiro de cables no identificados, no utilizados o cables desplegados por empresas no autorizadas.”.*
3. *“Asimismo, el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL) será el encargado de emitir las políticas necesarias para viabilizar el proceso de ordenamiento y soterramiento*

de cables; así como el despliegue de redes ultrarrápidas y la sustitución de medios de transmisión.”. [2]

El despliegue desordenado de cables de redes de telecomunicaciones afecta al desarrollo de las TIC en el país debido a que son pocos los usuarios que tienen acceso, de tal manera que se implementaron acciones regulatorias para establecer los aspectos técnicos para el despliegue de redes y el ordenamiento de las redes instaladas, por lo cual también se realizó modificaciones en el Reglamento de Acceso y Uso Compartido cuya finalidad es que los operadores compartan la infraestructura pasiva, optimicen recurso y que exista mayor cobertura en zonas cuya acceso a las TIC es bajo. De esta manera se pretende que se reduzca la brecha digital y además la contaminación visual tal como se muestra en la Figura 1.1 que es un ejemplo lo que asecha a las diferentes ciudades. [3]



Figura 1.1 Contaminación Visual [3]

Con la promulgación de la Nueva Ley Orgánica de las Telecomunicaciones, CONATEL, SENATEL y SUPERTEL se fusionaron de tal forma que todas sus competencias pasen a la ARCOTEL. El reglamento de acceso y uso compartido, se encuentra incluido en los Artículos 9 y 11 de la Nueva Ley Orgánica de las Telecomunicaciones, las mismas que entraron en vigencia el 18 de febrero del presente año.

Tener una buena infraestructura de telecomunicaciones a nivel nacional y que este sea asequible permite ofrecer mayores servicios de aplicaciones de ancho de banda de esta forma hace que todos los usuarios sean partícipes de la economía de la información permitiendo aumento en el acceso de las TIC y reduciendo la brecha digital, por lo cual en algunos países proponen una compartición de infraestructura pasiva entre operadores de telecomunicaciones [4]. Sin embargo la UIT menciona que una compartición pasiva es más propensa a un compartición activa de tal manera que esto correspondería a un modelo de acceso abierto donde todos los elementos de una red de comunicaciones de diferentes operadores interactúan bajo neutralidad para que así no exista un operador dominante. [5]

Hablar de infraestructura pasiva en las redes de telecomunicaciones corresponde a todos los elementos no eléctricos, por ejemplo en el caso de las redes de fibra óptica se tiene a los conductos, cajas de hormigón, etc.,

mientras en el caso de infraestructura activa comprende todos los elementos eléctricos ya sean enrutador, conmutador, fibras en servicio, etc.

Después de una breve descripción de las condiciones generales que influyen en tener un despliegue adecuado de las redes de telecomunicaciones, finalmente se observa que en el país, reducir la contaminación visual a través de la compartición de infraestructura pasiva, permite también corregir una problemática acerca de la reducción de la brecha digital, de tal manera que aprovechando una infraestructura pasiva compartida en la red de telecomunicaciones, y además de los posibles problemas en la parte física de las redes de acceso principalmente en la acometida entre diferentes operadores con la finalidad de brindar un servicio al usuario final tal como se muestra en la Figura 1.2.

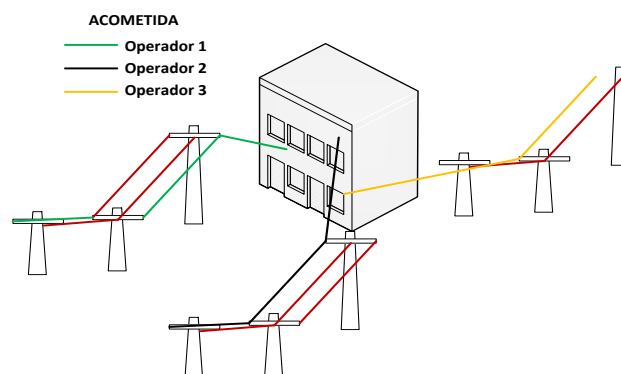


Figura 1.2 Desorden de las diferentes acometidas

Esto orienta a realizar un estudio de una posible alternativa que consiste en brindar al usuario final un acceso múltiple ofrecido por un grupo de operadores en un mismo medio físico (ver Figura 1.3). Esta compartición de infraestructura pasiva/activa a la que también hace referencia la UIT de manera general como modelo de acceso abierto, podría ser parte de uno de los ejes planteados en la Ley Orgánica de las Telecomunicaciones, para impulsar el despliegue de nuevos y mejores servicios en todo el país, además de promover y fomentar la convergencia de redes, servicios y equipos.

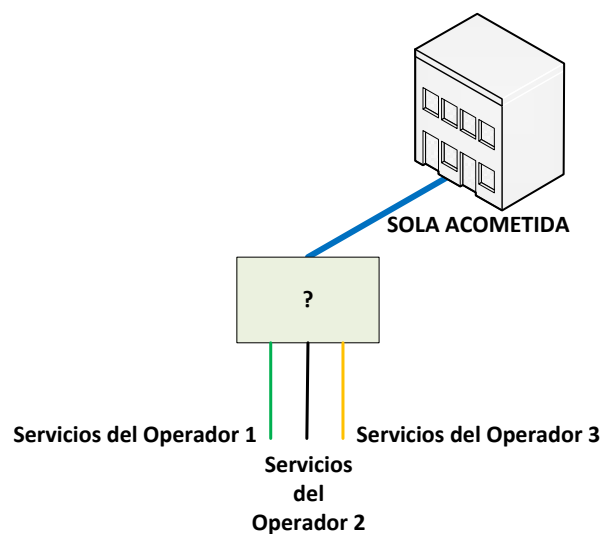


Figura 1.3 Representación de una sola acometida

1.3 Solución Propuesta.-

Es adecuado mencionar que el Estado Ecuatoriano en su Plan Nacional del Buen Vivir como prioridad es mejorar el acceso a los servicios de telecomunicaciones y el impacto visual en el entorno [3] , el costo de la infraestructura de la obra civil es muy alto en comparación con los elementos eléctricos por lo cual aprovechando la compartición de infraestructura pasiva de la red, y considerando uno de los ejes principales de Ley Orgánica de las Telecomunicaciones de promover y fomentar la convergencia de red y servicio con la finalidad que los usuarios finales puedan acceder a los mismos, se pretende realizar un estudio de una compartición de infraestructura pasiva y activa donde la prioridad es el acceso a servicios ofrecidos por un grupo de operadores mediante un mismo medio físico, de esta forma los usuarios finales tendrán un mejor acceso a las TIC reduciendo posiblemente la brecha digital y también la contaminación visual.

1.4 Objetivos.-

Realizar un estudio en la ciudad de Guayaquil acerca de la posibilidad de una compartición de la infraestructura activa de la red, desde los aspectos legales y tecnológicos a los cuales están sujetos los operadores de telecomunicaciones en especial aquellos que brindan el servicio de audio y video por suscripción en modalidad cable, además de telefonía e internet fijo.

1.5 Objetivos específicos.-

- Realizar un levantamiento de información acerca de compartición de infraestructura pasiva de la red de telecomunicaciones.
- Realizar un levantamiento de información de un grupo de operadores acerca de la tecnología usada en la red de transporte.
- Realizar un levantamiento de información acerca de la tecnología usada en las redes de acceso de un grupo de servicios que pertenecen a un grupo de operadores.
- Definir las características principales de un posible diseño de red para la compartición de infraestructura pasiva/activa de tal manera que permita unificar todos los servicios de telecomunicaciones de cada operador y ofrecer mediante una sola acometida a su respectivo usuario final.
- Analizar la economía de la solución y el aspecto legal.

1.6 Metodología.-

Uno de los objetivos del Estado Ecuatoriano es el de brindar un mejor servicio de telecomunicaciones al país [3], donde los operadores deberán compartir la infraestructura física si ésta es técnicamente posible. Se debe mencionar que actualmente a nivel nacional, el primer trimestre del 2014 el servicio de audio y video por suscripción en modalidad: cable y codificación

terrestre tiene el 46% de suscriptores, además el porcentaje de participación en el mercado de internet fijo en junio del presente año corresponde al 63.38% de usuarios y el restante a internet móvil, sin olvidar que telefonía fija es un servicio básico ofrecido por el estado, a través de la operadora CNT EP, con el 85.63% de participación en este mercado [6]. Vale mencionar que en el país los ciudadanos pueden al menos suscribirse a uno de los servicios antes mencionados. Si consideramos que existe y está en construcción la infraestructura pasiva adecuada en la ciudad de Guayaquil para los servicios de telecomunicaciones el mismo que es de compartición obligatoria, según lo estipulado por Resoluciones y Acuerdos Ministeriales del Estado Ecuatoriano éste permite analizar la posibilidad de la compartición de infraestructura activa de los operadores de telecomunicaciones con la finalidad de brindar un servicio de calidad y leal competencia. Para el presente estudio se considera analizar la posible compartición de la infraestructura activa de un grupo de operadores de telecomunicaciones autorizados en el país.

Para poder realizar un posible diseño de la red en la compartición de infraestructura pasiva y activa de los operadores, también se debe conocer información acerca de la red de transporte como la tecnología usada y la velocidad de transmisión. Además de cada operadora se debe conocer al menos cinco redes de acceso con mayor tráfico para lo cual se analizará los servicios de datos, video sobre demanda, voz sobre IP, telefonía fija esta

información obtenida debe incluir área geográfica de acceso y la capacidad de transmisión total por nodo.

La información que se necesite será consultada en las áreas de cada una de las operadoras. Posteriormente, será procesada, clasificada e indexada para que permita extraer conclusiones, recomendaciones y, finalmente, obtener las características principales del posible diseño de red para la unificación activa y pasiva de redes de acceso para servicios de telecomunicaciones de múltiples operadores desde un enfoque técnico y legal.

CAPÍTULO 2

2. DESARROLLO Y ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA EN LOS OPERADORES DE TELECOMUNICACIONES EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

2.1 Red de transporte y acceso.-

Una infraestructura de telecomunicaciones de manera general consiste en una red de transporte o también conocida como núcleo, tiene la capacidad de transportar grandes cantidades de información y esta distribuye a nodos secundarios a los cuales se los denomina redes de distribución, para luego ser multiplexado a velocidades pequeñas hacia las redes de acceso donde el usuario es participe de esta comunicación. [7]

Una red de transporte permite transferir información y las características principales de la señalización para establecer una comunicación entre diferentes sitios. Sin embargo existen recomendaciones técnicas para establecer la tecnología y topología en una red de transporte. [8]

La red de telecomunicaciones está conformada por varios elementos como la planta la cual corresponde a la infraestructura pasiva y los equipos que permiten la conmutación y enrutamiento de datos para brindar servicios al usuario final que se encuentra en la red de acceso, su correspondiente ancho de banda depende del medio físico puede ser inalámbrico o alámbrico; en el caso alámbrico puede ser fibra óptica, par trenzado, cable coaxial. [9]

La UIT se refiere que el área AN puede estar conectado a diferentes nodos SN que sustenten el mismo servicio de tal manera que su conexión es mediante SIN de manera lógica o física con la finalidad que los SN brinde la capacidad requerida por la red de acceso. Sin olvidar que los SN y la AN pueden ser gestionados a través de la configuración Q3 para brindar servicios al usuario final. La conexión entre el usuario y la AN se lo hace a través de la UNI tal como se muestra en la Figura 2.1. [10]

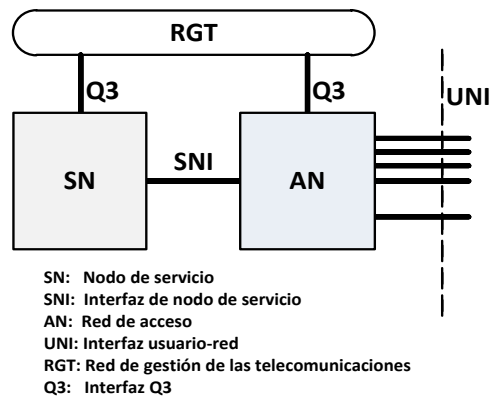


Figura 2.1 Fronteras de la red de acceso

Debido a las mejoras del medio alámbrico en la cual se transporta la información ha permitido desarrollar nuevas técnicas en la familia xDSL, FTTx y además HFC de tal manera que en las redes de acceso sea posible ofrecer un mejor servicio de banda ancha [9]. En este documento se hace énfasis en las redes de acceso fijo por lo cual se describirá las características generales de las familias antes mencionadas.

La familia xDSL básicamente consiste en diferentes técnicas para la transmisión de canales digitales sobre par trenzado por lo cual DSL lleva señales digitales en las redes PSTN usando frecuencia más alta que las usadas para el tráfico de voz, además se debe mencionar que el rendimiento DSL es también limitado por la calidad de la planta física de las PSTN esto ocurre por los cables viejos, o incluso el mal manejo o instalación de cables

ya que en algunos casos existen la mezcla de diferentes diámetros de cables los mismos que reducen la capacidad del servicio DSL. [11]

El rendimiento DSL también es afectado por el número de abonados dentro de una distribución de área que poseen diferentes servicios en el mismo cable, todos los servicios ADSL requieren transmisión de datos dúplex incluso si la tasa de bits en dirección opuesta es asimétrica, por lo cual existen variedades de DSL como se muestra en la Tabla 1, los cuales fueron desarrollados para diferentes aplicaciones tales como para negocio, académico y video, los diferentes rendimientos son realizados por los cambios de niveles de potencia y las características del espectro, técnicas de modulación avanzada, unión de canales y básicamente recursos para la cancelación del ruido en el cable de par trenzado. [12]

Tabla 1 Tecnología x-DSL

Modem	Velocidad de bajada	Velocidad de subida	Aplicación	Recomendación
HDSL	2,048kbit/s	2,048kbit/s	1.5-2.0 Mbit/s Servicio Simétrico sobre dos-tres pares de cobre.	UIT-T G.991.1
SHDSL	768kbit/s	768kbit/s	HDSL sobre un solo par de cobre.	UIT-T G.991.2
ADSL	6Mbit/s	640kbit/s	Acceso para internet y bases de datos multimedia, distribución de video.	UIT-T G.992.1
ADSL2	8Mbit/s	800kbit/s		ITU-T G.992.3
ADSL2+	16Mbit/s	800kbit/s		UIT-T G.992.5

VDSL	52Mbit/s	2.3Mbit/s	Acceso a internet más	UIT-T G.993.1
VDSL2			HDTV (Televisión de alta definición).	UIT-T G.993.2
VDSL2. Vectorización	100Mbit/s	100Mbit/s	Acceso a internet más HDTV sobre largos lazos con más usuarios.	UIT-T G.993.5

Con el pasar del tiempo las operadoras de telefonía decidieron reemplazar las redes PSTN con fibra óptica, permitiendo que las redes de acceso integren en un ancho de banda los servicios de voz, datos y video; por lo cual en las redes de acceso se obtiene distancias 4 veces más que lo permitido con cables par trenzado a través de los sistemas DSL, además en las redes óptica existe mayor velocidad de transmisión. [13]

Una red de banda ancha de fibra óptica puede tener varias configuraciones tales como:

- Fibra hasta el hogar o también conocida como FTTH.
- Fibra hasta la acometida del edificio o también conocido como FTTB.
- Fibra hasta el armario de telecomunicaciones o también conocida como FTTC.
- Fibra hasta el nodo o también conocida como FTTN.

La arquitectura de la red de acceso FTTx depende de la localización de la ONU o también conocida como Terminación de Red Óptico, es decir se establece una longitud adecuada entre la OLT y la ONU con la finalidad que

los operadores cubran los servicios requeridos por los usuarios, sin olvidar que una arquitectura FTTN solo tiene OLT ubicada en la oficina central tal como se aprecia en la siguiente Figura 2.2. [9]

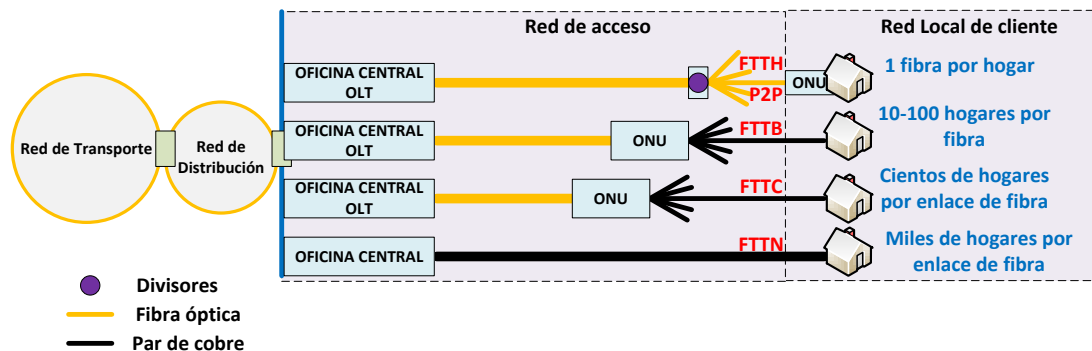


Figura 2.2 Arquitectura FTT-x

En la Figura 2.2 se puede apreciar que para FTTH la ONU sirve como la demarcación entre el cliente y el operador, mientras que FTTB y FTTC sirve como una interfaz común para varios abonados entregando el servicio a través de cables de par trenzado. En el caso de FTTN se encuentra en el nodo activo de la red y sirve para brindar el servicio a miles de cientos de abonados usando el existente bucle local de cables de par trenzado.

La arquitectura FTTH es considerada una conexión punto a punto debido a que consiste en una fibra óptica dedicada entre las instalaciones de la oficina central donde se encuentra el OLT hacia el usuario final, de tal manera que requiere más cantidades de enlaces de fibra y al menos dos transceptores por enlace por lo cual involucra mayores costos para su implementación en comparación

con la arquitectura FTTC y FTTB [12]. FTTB y FTTC requiere menos despliegue de fibra óptica pero mayor cantidad de equipos eléctricos para el suministro de energía a los transceptores por lo cual nacen las redes ópticas pasivas llamadas PON que incluyen componentes ópticos pasivos.

Una PON básicamente es una red óptica punto multipunto su enlace no involucra elementos activos y está definido desde la fuente al destino, dichos componentes ópticos pasivos son la fibra, empalme y los divisores. En la OC normalmente están instalados los equipos OLT que es la interfaz entre todos los usuarios conectados a las redes PON y red metro, de esta forma se brinda los servicios ofrecidos a través de los equipos ONT y ONU. Se debe mencionar que el OLT y la ONU están conectados a través de la vía ODN en la cual incluye en muchos casos una configuración punto multipunto con uno o más divisores de 1:16, 1:32, 1:64, 1:128, etc. [14], [15].

La Figura 2.3 muestra una PON completamente pasiva y la máxima distancia entre OLT y ONU es 20km, además los divisores del PON pueden ser colocados cerca del OLT o sitios del usuario. Hay soluciones que incluye despliegue de elementos activos en la estructura de la red como amplificadores ópticos con la finalidad de tener un alcance de 60km o reducir el número de sitios de OC, también para conectar un mayor número de usuarios en un solo puerto del OLT.

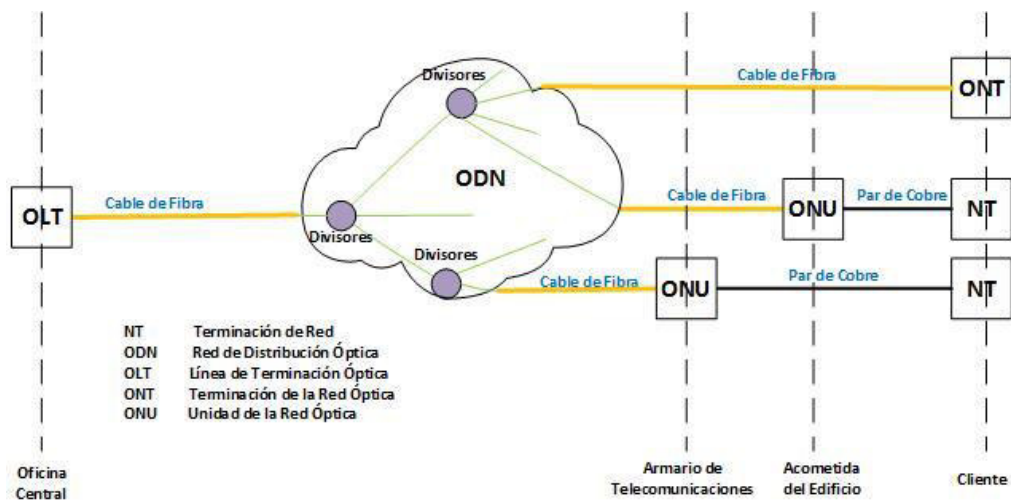


Figura 2.3 Arquitectura PON

En la práctica la mayoría de los enlaces ópticos es finalizada en la ONU y la última milla o acometida se usa par de cobre bajo la tecnología xDSL. [12]

Se conoce que desde el abonado hacia el OLT se define como canal de subida, el acceso para un canal de fibra compartida está garantizado por el uso del mecanismo de TDMA donde el OLT asigna un ancho de banda a cada ONU/ONT. Mientras que desde OLT hacia el abonado se define como canal de bajada y es transmitido solo por un transmisor situado en OLT utilizando multiplexación por división del tiempo (TDM). En base a la tasa de subida y bajada hay tres categorías principales de PON: B-PON, GPON y XG-PON [16]. Los sistemas PON pueden tomar ventaja de la técnica WDM donde los canales de subida y bajada son transmitidos por diferentes

longitudes de ondas en la misma fibra óptica [17], por lo cual en la siguiente Tabla 2 se muestran las diferentes versiones de PON especificada por UIT.

Tabla 2 Tecnología x-PON

Tipo	Velocidad de bajada (máximo)	Velocidad de subida (máximo)	Recomendación
BPON	Estándar: 1.2 Gbit/s En servicio: 622 Mbit/s	Estándar: 622Mbit/s En servicio: 155 Mbit/s	UIT-T G.983.x
G-PON	2.5 Gbit/s	Estándar: 2.5 Gbit/s En servicio: 1.2 Gbit/s	UIT-T G.984.x
XG-PON	10 Gbit/s	2.5 Gbit/s	UIT-T G.987.x

Por lo general todas las tecnologías PON ya sea estandarizadas por la UIT y el IEEE se pueden dividir en tres grupos [18], esto es:

- Antiguo PON: APON, BPON y EPON.
- Clásico PON: G-PON y GEAPON.
- Nueva Generación PON: XG-PON y 10G-EPON.

Debido a los grandes operadores de telecomunicaciones que tuvieron la necesidad de mejorar las redes de acceso de cobre con el objetivo de brindar un buen servicio de banda ancha para los clientes, se inclinaron hacia el cable de fibra óptica en los diseños de redes en forma general, de esta

manera nace el termino NGA. En los documentos oficiales de la Unión Europea se especifica NGA como redes que son capaces de ofrecer servicios de acceso de banda ancha con características mejoradas, en comparación con los prestados a través de redes ya existentes, como por ejemplos las redes FTTx [19]. Considerando lo antes mencionado también se puede plantear que las redes Híbridas de Fibra y Coaxial llamadas HFC son también redes NGA ya que mejoran sus características de transmisión ofreciendo servicios de banda ancha.

En una red tradicional de cable coaxial existía gran número de amplificadores conectados en serie produciendo una pérdida en la señal, se aprovechó la existencia del cable de fibra óptica donde sus características son propias en tener baja pérdida de la señal, y así nace HFC con la finalidad de ofrecer a más usuarios tasas de transmisión que incluya los llamados servicios “triple play”.

Algo referente a historia menciona que las localidades que no podían recibir televisión abierta permitió la construcción de redes de televisión por cable CATV hasta que el acceso de abonados era competitivo con la PSTN, por lo cual en los años 90 se convirtieron en grandes “Operadores de Multiservicio” (MSO) aprovechando el uso de las comunicaciones digitales de tal manera que en el año 1997 publicaron “Especificación de Interfaz para Servicios de

Datos por Cable”, permitiendo que las redes CATV o también llamadas redes de cables ofrezcan los servicios digitales por DOCSIS. [20]

La transmisión de datos a través de las redes HFC están bajo los protocolos de las normas DOCSIS, este soporta aplicaciones de comunicaciones modernas necesitando la transferencia de datos de dos vías [21], por lo cual los usuarios tienen el tráfico de subida y bajada esto es clasificado y manejado por los flujos de servicios, de tal manera que un flujo de servicio proporciona un transporte unidireccional de paquetes sobre las redes de cables, el tráfico es formado y monitoreado, además está basado en parámetros de calidad que están definido por los flujo de servicios. Un flujo de servicio suele incluir múltiples flujos IP. [22]

En las redes HFC por lo general el último segmento corresponde cerca de 500 metros, que está construido en cable coaxial y la fibra óptica es usada desde la parte de red de transporte hasta un cierto tramo de la red de acceso tal como se muestra en Figura 2.4, esto implica que la concentración de fibra óptica está en el gabinete o nodo terminal o también llamado “Cabecera” que salen hacia el nodo de fibra el cual tiene un convertidor óptico/eléctrico, en resumen el nodo de fibra tiene un convertidor óptico/eléctrico y la “Cabecera” aloja el equipo para gestionar el tráfico de datos de los clientes, los servidores de vídeo y el equipo de telefonía.

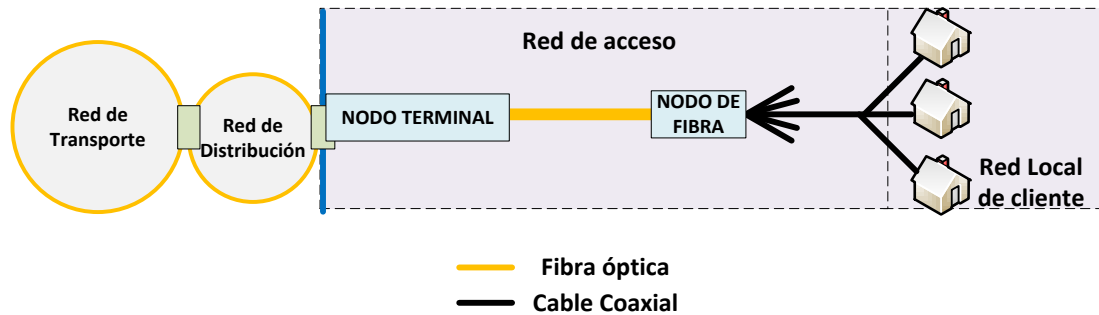


Figura 2.4 Arquitectura HFC

De manera general se puede decir que las especificaciones DOCSIS permite una alta transmisión de datos a través del sistema de terminación de modem de cable conocido como CMTS y el cable modem CM, dentro de una arquitectura del sistema modular CMTS (ver Figura 2.5), el análisis básico corresponde el sentido descendente donde existe la separación del CMTS-Principal que maneja control de acceso al medio MAC y la capa física PHY correspondiente al sistema EQAM, por lo cual el sistema CMTS-Principal recibe toda la información en IP y el EQAM recibe paquetes de videos o datos digitales luego estos son modulados mediante técnicas de modulación por cuadratura y luego es enviado a la red de cable coaxial usando una portadora RF [23].

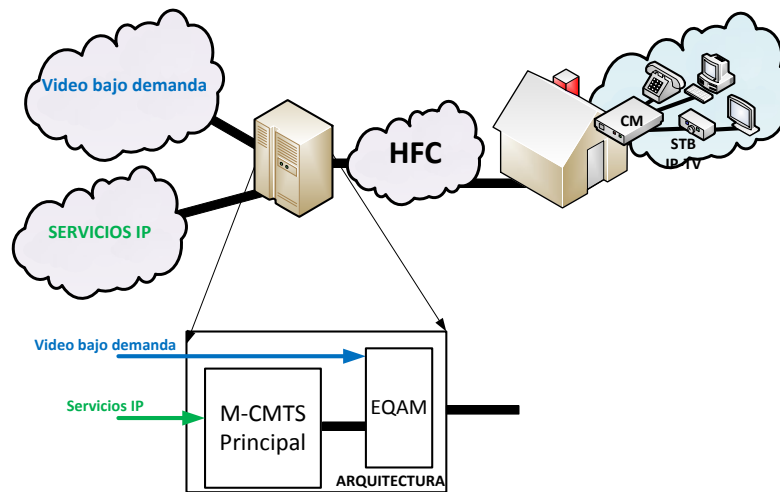


Figura 2.5 Arquitectura del Sistema Modular CMTS

La arquitectura del CMTS ha evolucionado desde lo integrado hacia lo modular de tal manera que usa DOCSIS 3.0 el cual permite la unificación de varios canales, mayor velocidad de transmisión y esto hace que el sistema sea más flexible y se puedan utilizar independientemente a distintas escalas, los operadores pueden utilizar más eficazmente los recursos de red, de tal manera que es el resultado de un esfuerzo realizado para reunir las aplicaciones de vídeo bajo demanda y de datos a alta velocidad [24], [23].

2.2 Tecnología usada en los operadores de telecomunicaciones transporte y acceso.-

La tecnología usada por los operadores de telecomunicaciones principalmente en las redes de acceso está en función de los servicios que ofrecen en las diferentes zonas y de la disponibilidad de ancho de banda, por

lo cual para este estudio se realizó una encuesta a cada operadora obteniendo poca información del área o sector que cubre un nodo de acceso de alto tráfico y la información acerca de las velocidades de transmisión del nodo. Debido a que los operadores fueron muy cautelosos en no entregar información por motivos de políticas empresariales, se consideró una relación lineal para poder estimar de manera teórica las capacidades de los nodos de acceso en función de los pocos datos obtenidos y el porcentaje que ocupa el operador en el mercado de las telecomunicaciones de acuerdo las estadísticas presentadas por ARCOTEL.

Además se debe mencionar que una operadora solo ofrece servicios de móvil avanzado de tal manera que no será considerado para el estudio. Por razones de confidencialidad debido a los pocos datos proporcionado por los operadores esto en la Tabla 3 se describe como OPERADOR A, OPERADOR B, OPERADOR C, OPERADOR D y OPERADOR E.

Tabla 3 Tecnología usada en la red de transporte

OPERADOR	RED TRANSPORTE	VELOCIDAD DE TRANSMISION
A	SDH	20Gbps
B	SDH	10Gbps
C	SDH	5Gbps
D	SDH	20Gbps
E	SDH	40Gbps

Dentro de la encuesta también se obtuvo la siguiente información con respecto a las redes de acceso de cada operador, (ver Tabla 4) hasta la Tabla 8 manteniendo la confidencialidad de los mismos.

Tabla 4 Tecnología de Acceso del Operador A

OPERADOR A	SERVICIO	TECNOLOGÍA DE ACCESO				
		Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5
	Capacidad del nodo	20Gbps	20Gbps	20Gbps	20Gbps	20Gbps
	Telefonía Fija	HFC Docsis2.0	HFC Docsis2.0	HFC Docsis2.0	HFC Docsis2.0	HFC Docsis2.0
	Telefonía IP	-	-	-	-	-
	VoD	-	-	-	-	-
	Datos	HFC Docsis2.0	HFC Docsis2.0	HFC Docsis2.0	HFC Docsis2.0	HFC Docsis2.0

Tabla 5 Tecnología de Acceso del Operador B

OPERADOR B	SERVICIO	TECNOLOGÍA DE ACCESO				
		Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5
	Capacidad del nodo	10Gbps	10Gbps	10Gbps	10Gbps	10Gbps
	Telefonía Fija	-	-	-	-	-
	Telefonía IP	-	-	-	-	-
	VoD	-	-	-	-	-
	Datos	GPON- FTTH	GPON- FTTH	GPON- FTTH	GPON- FTTH	GPON- FTTH

Tabla 6 Tecnología de Acceso del Operador C

	SERVICIO	TECNOLOGÍA DE ACCESO				
		Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5
OPERADOR C	Capacidad del nodo	5Gbps	5Gbps	5Gbps	5Gbps	5Gbps
	Telefonía Fija	-	-	-	-	-
	Telefonía IP	-	-	-	-	-
	VoD	-	-	-	-	-
	Datos	GPON-FTTH	GPON-FTTH	GPON-FTTH	GPON-FTTH	GPON-FTTH

Tabla 7 Tecnología de Acceso del Operador D

	SERVICIO	TECNOLOGÍA DE ACCESO				
		Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5
OPERADOR D	Capacidad del nodo	20Gbps	20Gbps	20Gbps	20Gbps	20Gbps
	Telefonía Fija	HFC Docsis3.0	HFC Docsis3.0	HFC Docsis3.0	HFC Docsis3.0	HFC Docsis3.0
	Telefonía IP	-	-	-	-	-
	VoD	HFC Docsis3.0	HFC Docsis3.0	HFC Docsis3.0	HFC Docsis3.0	HFC Docsis3.0
	Datos	HFC Docsis3.0	HFC Docsis3.0	HFC Docsis3.0	HFC Docsis3.0	HFC Docsis3.0

Tabla 8 Tecnología de Acceso del Operador E

OPERADOR E	SERVICIO	TECNOLOGÍA DE ACCESO				
		Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5
	Capacidad del nodo	40Gbps	40Gbps	40Gbps	40Gbps	40Gbps
	Telefonía Fija	GPON-FTTH	GPON-FTTH	GPON-FTTH	GPON-FTTH	GPON-FTTH
	Telefonía IP	-	-	-	-	-
	VoD	-	-	-	-	-
	Datos	GPON-FTTH	GPON-FTTH	GPON-FTTH	GPON-FTTH	GPON-FTTH

2.3 Esquema de asignación y uso de ancho de banda para cada servicio y para cada sector geográfico de cobertura.-

Es recomendable que en esta sección se realice un panorama de los servicios que influyen en la sociedad ecuatoriana los mismos que son ofrecidos por los operadores de telecomunicaciones en el Ecuador por lo cual ARCOTEL, manifiesta que actualmente la mayor oferta de servicios es de televisión por cable en la ciudades principales aunque su participación en el mercado es muy bajo a nivel nacional, mientras que la tecnología satelital está ganando mercado en zonas cuyo despliegue es complicado para las otras dos tecnologías restantes debido a las condiciones de acceso tal como se muestra en la Figura 2.6, y en el caso del servicio de telefonía fija prácticamente mantiene su penetración en los 15.23% debido al bajo crecimiento de la misma durante el año 2014. Sin embargo la participación

de las operadoras en el mercado de la telefonía fija se muestra en la Figura 2.7 [25]

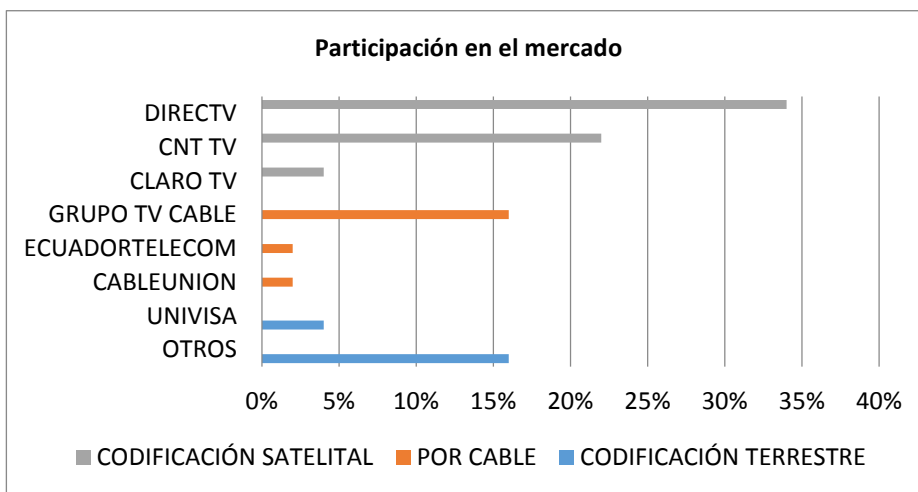


Figura 2.6 Distribución del Mercado de Servicio Audio y Video por Suscripción

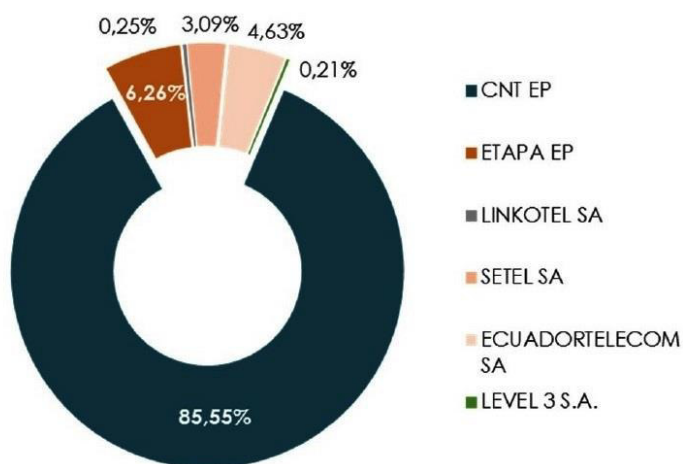


Figura 2.7 Distribución del Mercado de Servicio de Telefonía Fija [25]

El servicio de Internet tiene muchas aplicaciones que dependen del ancho de banda, dentro de éstas tenemos como Telefonía IP, Televisión IP y entre otros, cada una con sus propias características y que están fuera del alcance de este estudio. MINTEL en el 2012 manifiesta que el uso de Internet tuvo un crecimiento del 6.14% al 54.7% de penetración en Internet Banda Ancha con el objetivo de reducir el precio de Kbps y además reducir la brecha digital [26], esto obliga a presentar la distribución de los operadores en el mercado tal como se muestra en la Figura 2.8.

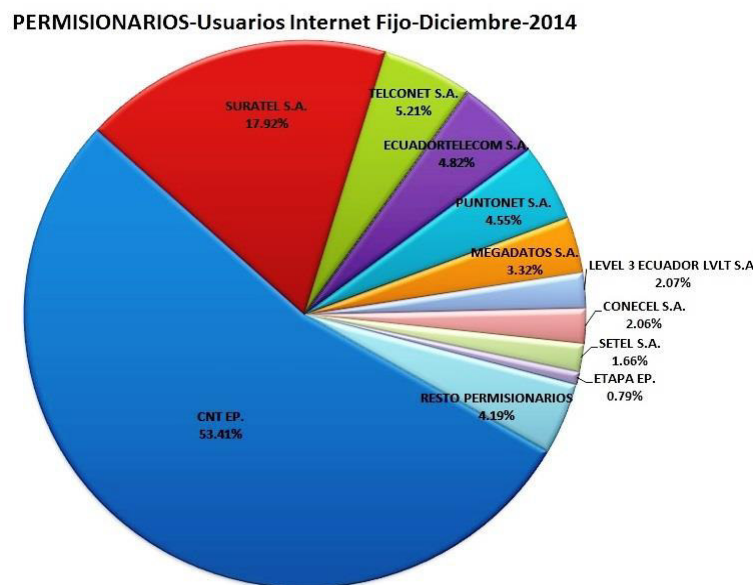


Figura 2.8 Distribución del Mercado de Servicio de Internet Fijo [6]

Durante la encuesta los operadores fueron muy reservados en prestar información específica de la zona de cobertura para cada servicio debido a políticas de empresas cuya finalidad es precautelar el mercado de las

telecomunicaciones y las localizaciones de sus redes de transporte y acceso, A continuación se muestra en las siguientes tablas las zonas referenciales del nodo principal que ellos mencionaron en la encuesta.

Tabla 9 Velocidad de Transmisión por servicio-Operador A

OPERADOR A	SERVICIO	VELOCIDAD DE TRANSMISION POR SERVICIOS				
		Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5
	Telefonía Fija	10Mbps	10Mbps	10Mbps	10Mbps	10Mbps
	Telefonía IP	-	-	-	-	-
	VoD	-	-	-	-	-
	Datos	5.15Gbps	4.46Gbps	3.48Gbps	6.43Gbps	4.59Gbps

Tabla 10 Velocidad de Transmisión por servicio-Operador B

OPERADOR B	SERVICIO	VELOCIDAD DE TRANSMISION POR SERVICIOS				
		Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5
	Telefonía Fija	-	-	-	-	-
	Telefonía IP	-	-	-	-	-
	VoD	-	-	-	-	-
	Datos	5.56Gbps	4.82Gbps	3.75Gbps	6.94Gbps	4.95Gbps

Tabla 11 Velocidad de Transmisión por servicio-Operador C

OPERADOR C	SERVICIO	VELOCIDAD DE TRANSMISION POR SERVICIOS				
		Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5
	Telefonía Fija	-	-	-	-	-
	Telefonía IP	-	-	-	-	-
	VoD	-	-	-	-	-
	Datos	2.41Gbps	2.35Gbps	1.75Gbps	3.50Gbps	2.30Gbps

Tabla 12 Velocidad de Transmisión por servicio-Operador D

OPERADOR D	SERVICIO	VELOCIDAD DE TRANSMISION POR SERVICIOS				
		Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5
	Telefonía Fija	40Mbps	50Mbps	40Mbps	40Mbps	40Mbps
	Telefonía IP	-	-	-	-	-
	VoD	620Mbps	480Mbps	600Mbps	650Mbps	540Mbps
	Datos	8.90Gbps	7.71Gbps	6.10Gbps	11.1Gbps	7.94Gbps

Tabla 13 Velocidad de Transmisión por servicio-Operador E

OPERADOR E	SERVICIO	VELOCIDAD DE TRANSMISION POR SERVICIOS				
		Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5
	Telefonía Fija	60Mbps	80Mbps	100Mbps	80Mbps	60Mbps
	Telefonía IP	-	-	-	-	-
	VoD	-	-	-	-	-
	Datos	9.78Gbps	8.47Gbps	6.61Gbps	12.2Gbps	8.72Gbps

CAPÍTULO 3

3. CARACTERÍSTICAS DE LA COMPARTICIÓN DE LA INFRAESTRUTURA PASIVA DE LA RED EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.1 Generalidades de infraestructura pasiva de la red.-

La infraestructura pasiva de la red involucra todos los elementos no eléctricos esto depende cual es la red del análisis, en este caso corresponde a las redes de acceso fijo, a continuación se muestra la Tabla 14 donde detalla los elementos pasivos de una red de fibra óptica.

Tabla 14 Elementos pasivos de una red alámbrica

Principales elementos para la infraestructura pasiva	
Cables	Equipos de electrógenos
Conductos	Baterías
Separadores	Alimentación Eléctrica
Recintos	Locales Técnicos
Generadores	Servidumbres de paso, conductos y mástiles.
Equipos de aire acondicionado	Caja de hormigón

Se debe mencionar que la infraestructura pasiva es uno de los pilares fundamentales para brindar el servicio de telecomunicaciones donde cada elemento es importante. Por ejemplo en el caso de realizar correctivos o preventivos en la red de telecomunicaciones es recomendable tener un buen acceso a los conductos cuando se habla de infraestructura física en la superficie terrestre o en el acceso a mástiles y postes en el caso de la infraestructura física en la superficie aérea.

3.2 Análisis de la comparticiones pasivas de la red de cada operador.-

Como es de conocimiento el mayor costo de una red de telecomunicaciones corresponde a la infraestructura de obra civil sin embargo desde el aspecto técnico en la ciudad de Guayaquil cada operador despliega su correspondiente medio físico alámbrico hasta el hogar o edificio con la finalidad de brindar servicio, de esta forma en los alrededores de las instalaciones del cliente existe al menos dos operadores que brinden distintos servicios y sus accesos a las instalaciones sean diferentes, (ver Figura 3.1) produciendo un desorden debido a que no existe una regulación o normas en el diseño de construcción de vivienda, según la Nueva Ley Orgánica de las Telecomunicaciones manifestó que se debe hacer el soterramiento de cables de telecomunicaciones usando una compartición de infraestructura pasiva entre operadores y así se evitar una contaminación visual.

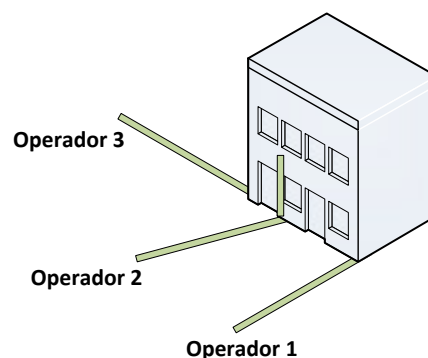


Figura 3.1 Diferentes Acometidas

Se debe mencionar que desde el año 2009 el Municipio de Guayaquil emitió la “Ordenanza que regula la instalación de postes y líneas de media y baja tensión de energía eléctrica y de telecomunicaciones aéreas y subterráneas” de ésta forma se regula la canalización subterránea de los cables de red de telecomunicaciones, transmisión por cable y transmisión de datos, por lo cual el Municipio empezó la sectorización de lo antes mencionado tal como se muestra en la siguiente Tabla 15. [27]

Tabla 15 Sectorización de la Canalización Subterránea

SECTOR	TRAMO	ORDENANZA
Vía a la Costa	A partir del Km.22 hasta el límite Urbano.	El cableado y acometidas de Telecomunicaciones (telefónicas, videos, televisión por cable y datos, etc), así como las acometidas eléctricas, estas serán subterráneas,...
Vía a la Costa	A partir del Km.10 hasta el Km.22	Todo desarrollo urbanístico dentro de dicho territorio, calificado como suelo urbanizable según la Ordenanza Municipal el cableado y acometidas de Telecomunicaciones (telefónicas, videos, televisión por cable y datos, etc), así como las acometidas eléctricas, estas serán subterráneas.
Zona de Regeneración Urbana Grado # 1	Toda la zona	El sistema eléctrico de media y baja tensión, como el de telecomunicaciones, el sistema de cableado y acometidas subterráneo.

Proyecto Urbanístico	Lotes con Servicios Básicos	Se permitirá acometidas aéreas y sistema de cableado aéreo, mediante el cable único o preensamblado, para los sistemas de energía eléctrica de baja tensión y para el de telecomunicaciones (telefónicas, video, televisión por cable y datos, etc)
Resto de la ciudad y el Cantón	Resto de la ciudad y el Cantón	El cableado y acometidas de Telecomunicaciones (telefónicas, videos, televisión por cable y datos, etc) y eléctricas.

A través del Fideicomiso Mercantil integrada por las empresas Claro, Global Crossing, Tv Cable, Telefónica y Telconet están en proyectos exclusivamente en la obra civil para la construcción de ductos en la ciudad de Guayaquil y cumplir las normas emitidas por el Municipio, de esta manera se podría afirmar de una reducción de costos en la infraestructura física y a la vez una compartición de infraestructura pasiva.

Después de la investigación realizada acerca de la compartición de infraestructura pasiva y la ejecución del proyecto propuesto por el Municipio de Guayaquil se procedió a realizar una encuesta al Ing. César Yépez, Gerente de Proyecto del Grupo TVCABLE y presidente del Fideicomiso, se obtuvo la siguiente información:

Dentro del grupo de Fideicomiso las tres empresas que tienen mayor cantidad de cables son Claro, Tv Cable y Telconet cada uno posee alrededor de 1300Km de cables, por lo cual la infraestructura para el soterramiento de cables involucra la canalización de seis ductos cada uno con un diámetro de 110mm, esto quiere decir que cada empresa es dueña de su propio ducto y además sobra uno con la finalidad de alquilar. El proyecto de canalización solo involucra la compartición de la infraestructura física de los canales de tal manera que cada empresa tiene su propio cajetín de elementos activos de la red. La operación y mantenimiento es realizado por el Fideicomiso dentro de los costos de contrato.

Durante el proceso de la información de la entrevista realizada, se pudo obtener puntos importantes por lo cual en este documento se lo presenta mediante un breve bosquejo la situación de la compartición de la infraestructura física, en especial la canalización de varios ductos durante los últimos cinco años tal como se muestra en la Figura 3.2.



Figura 3.2 Porcentaje de Soterramiento en la ciudad de Guayaquil

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO

4.1 Redes convergentes.-

Convergencia se refiere al uso del protocolo IP para la integración de varias aplicaciones de voz, datos, videos e imágenes en una sola infraestructura de servicios múltiples. [29]

No existe una definición universal del termino convergencia más bien se entiende por la capacidad de las diferentes tecnologías y redes para prestar servicios similares, o la capacidad de una sola tecnología para ofrecer una gama de diferentes servicios, como la llamada "Triple play". [30]

La evolución de las telecomunicaciones tanto en la parte de telefonía móvil y el protocolo IP facilitaron la convergencia tecnológica en diferentes redes permitiendo que las empresas incorporen nuevos retos basados en los nuevos desarrollos tecnológicos que permiten la prestación de más y mejores servicios a sus usuarios; mientras se busca un aumento en los ingresos generados por su negocio y consolidar su posición estratégica en una zona altamente dinámico y competitivo. Por lo cual su gestión está aumentando debido a la evolución de la complejidad de la red. [31]

4.2 Elementos comunes.-

El operador de telecomunicaciones consta de una infraestructura conocida como la red núcleo, red de distribución y por ultimo dependiendo de los servicios y del sector geográfico extienden diferentes tipos de redes de acceso.

4.2.1 Red de transporte.-

En la red de transporte estrictamente su medio físico es fibra óptica debido a la eficiencia por manejar alta transferencia de datos entre los diferentes centros de sitios con la finalidad de cubrir la auge demanda de los servicios de telecomunicaciones [32]. La red de transporte más común corresponde a

la tecnología SDH la cual es un protocolo dominante en la capa física del modelo OSI y además uno de los elementos de su red es la MSTP, también hereda los mecanismos de protección y recuperación, así como las facilidades de gestión OAM, además permite manejar con flexibilidad el ancho de banda para los diferentes servicios ya sea los servicios orientados a paquetes o circuitos [33], [34] tal como se muestra en la Figura 4.1.

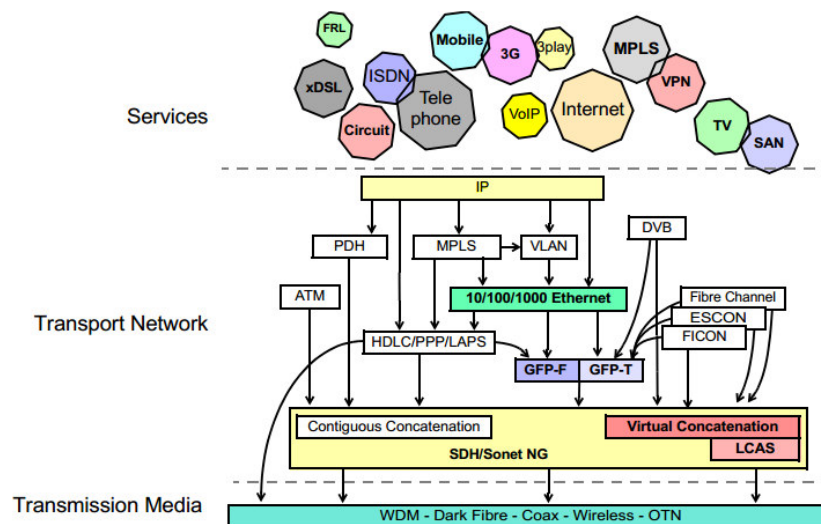


Figura 4.1 Plataforma SDH la unión de paquetes [34]

4.2.2 Red de acceso-

Como dato correspondiente a la red de acceso de los operadores consultados en la ciudad de Guayaquil (ver Tabla 16), además uno de los operadores está cambiando su plataforma de acceso hacia GPON-FTTH, a continuación se procede a detallar las características generales de las redes de acceso.

Tabla 16 Redes de Acceso en la ciudad de Guayaquil

OPERADORES	REDES DE ACCESO
A	HFC-DOCSIS 2.0 (Americano)
B	GPON-FTTH
C	GPON-FTTH
D	HFC-DOCSIS 3.0 (Americano)
E	GPON-FTTH

Características Generales de las redes HFC con DOCSIS.

Las redes HFC tal como se muestra en la Figura 4.2 están compuestas con fibra óptica desde la red de transporte hasta el nodo de fibra y después corresponde a la sección de la red de acceso el mismo que usa como medio de transmisión el cable coaxial.

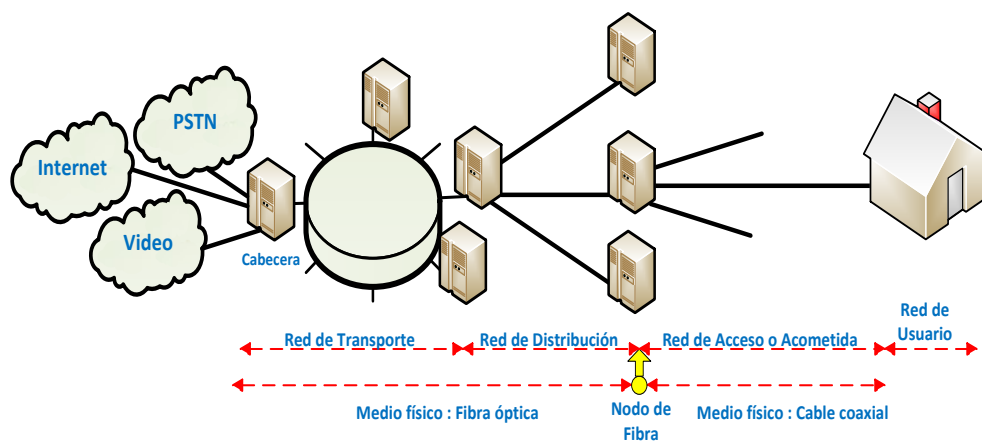


Figura 4.2 Características Generales de las redes HFC

De acuerdo con el nivel de penetración de la fibra óptica en la red de acceso, es decir que el nodo de fibra se encuentre más cerca del usuario esto permitiría ofrecer los servicios con mayor eficiencia por lo cual se detalla varias observaciones básicas (ver Tabla 17).

Tabla 17 Observaciones Básicas de la red HFC

Observación	Distancia entre el transmisor y el ultimo amplificador	Tipo de Cable- Anchura de banda	Impedancia
Cable coaxial troncal	100-500 metros	1/2 pulgada o 3/4 pulgada de diámetro del Conductor- 1Ghz~	75ohmios
Observación	Distancia entre el último amplificador y la terminación de red coaxial	Tipo de Cable/Anchura de banda	Impedancia
Cable coaxial de distribución	50-150 metros	tipos normalizados RG-11 y RG-6 /1Ghz~	75ohmios

Considerando la Figura 4.3, brevemente se describe la red de acceso HFC desde la posición del nodo de fibra o también conocido como transmisor ya que es donde empieza la conversión de la señal óptica a eléctrica y así introducir la señal eléctrica en el cable coaxial hasta la terminación del mismo fijado por el TAP, para luego brindar el servicio al usuario. El nodo terminal

posee un amplificador transmisor óptico/eléctrico y lo usual es diseñar para brindar servicio entre 100 y 500 usuarios mediante mínimo 3 amplificadores coaxial o nueve como máximo, además se debe mencionar que las redes HFC tienen topología árbol por lo cual en los puertos de salidas de los amplificadores se usa divisores coaxiales que permiten la división de 1:2, 1:3 y 1:4. Sin olvidar que el diseñador puede dimensionar fácilmente todas las partes de la red coaxial para asegurar al menos un nivel de señal eléctrica de 12 dBmV en el terminal de red del abonado.

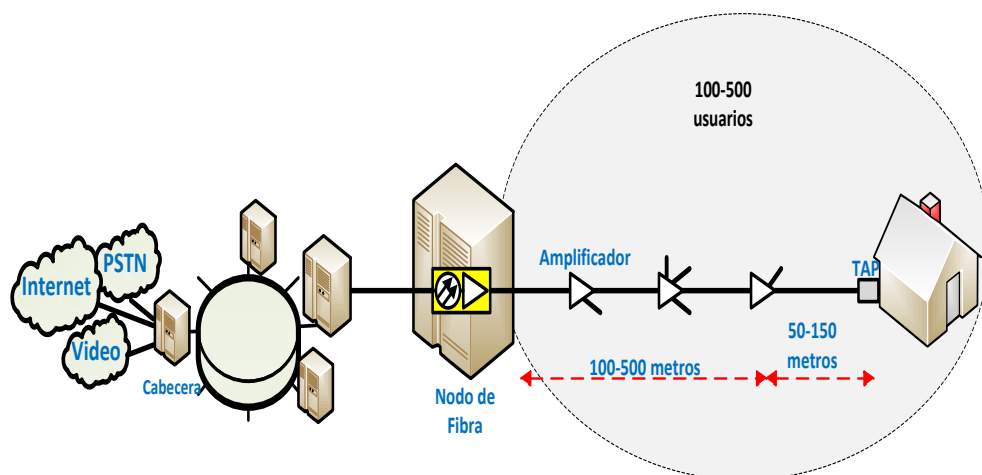


Figura 4.3 Cobertura de la red HFC

Con respecto a la alimentación de energía eléctrica la parte de la red HFC por lo general se alimenta desde el bastidor del amplificador transmisor electro/óptico mediante una fuente de alimentación adecuadamente dimensionada (45-60 Vac y 10-15 amperios son valores típicos), existen

diferentes técnicas de acuerdo al criterio del diseño de la red para la alimentación por lo cual a continuación se hace un resumen de los principales bastidores con sus respectivos elementos tal como se muestra en la Figura 4.4. [35]

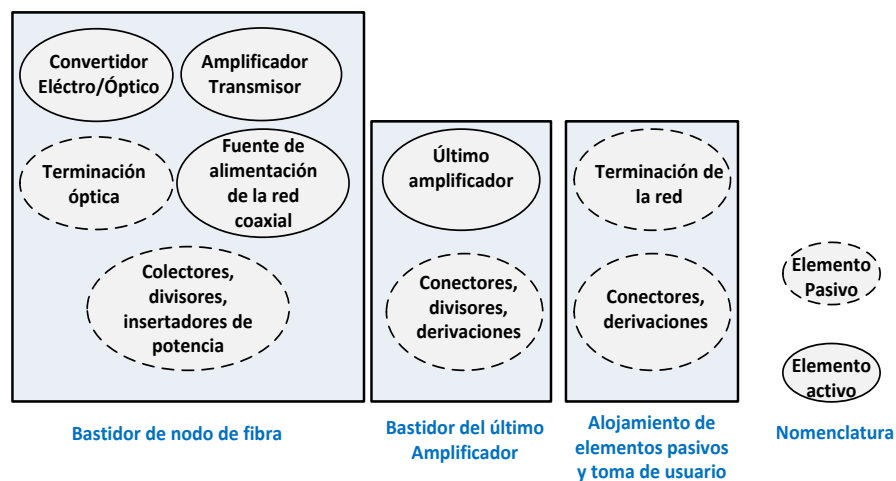


Figura 4.4 Elementos Básicos de una red HFC

Una vez analizado de manera general la infraestructura física de la red HFC es adecuado mencionar que la transmisión de datos se lo realiza a través del protocolo DOCSIS para servicios de datos bidireccionales el mismo que tiene diferentes versiones como 1.0, 1.1, 2.0, 3.0 y finalmente 3.1. La transmisión en la red HFC usando el formato americano se le asignó un espectro de frecuencia en subida 5 MHz - 42MHz y bajada 54 MHz – 860 MHz por el cual el ancho de banda de subida es menor en comparación con el de bajada, de tal manera que la transmisión en el canal de bajada es una

difusión en la cual se usa alta técnica de modulación para la señal RF con la finalidad de reducir el ruido y que los errores sean distribuidos a los suscriptores que comparten este canal [36]. Estos posibles errores son recibidos por el receptor y este aplica un aumento de FEC permitiendo mejorar la robustez frente al deterioro del canal.

El presente estudio se enfoca en un análisis general de las velocidades de subida y bajada que está en función de la capa física del protocolo DOCSIS por lo cual se debe mencionar que el equipo CM está configurado con un conjunto de parámetros de la capa física como por ejemplo modulación, corrección de errores hacia adelante FEC, tasa de símbolo y entre otros.

En la vía ascendente cada canal tiene asociado un ancho de banda por ejemplo 200, 400, 800, 1600, 3200 y 6400 kHz el mismo que está asociado con la velocidad de datos del canal [37], por lo cual considerando un esquema básico de DOCSIS tal como se muestra en la Figura 4.5 se puede decir que en las instalaciones del cliente o también conocido como CPE la conexión típicamente es sobre Ethernet y este envía un paquete de protocolo IP hacia el CM y luego se realiza los específicos protocolos de DOCSIS que consiste en:

- Capa de Encriptación de enlace de datos cuya finalidad es proteger los datos del usuario de usuarios malicioso debido a que existe una compartición en la red de cable

- Capa de control de acceso al medio proporciona un método ordenado para el CMTS para informarle a un CM cuando debe transmitir y en qué tiempo, porque no pueden transmitir varios CM simultáneamente en la vía de retorno es decir está en función del sincronismo permitiendo aislar entre los datos de subida y bajada dando una posible mejora en la eficiencia espectral.
- Capa física incluye los esquemas de modulación utilizados en la red coaxial para velocidad de subida o velocidad de bajada, por lo cual un CM debe estar definido con al menos un conjunto de los parámetros definidos en la capa física como modulación, corrección de errores y tasa de símbolos, entre otros.

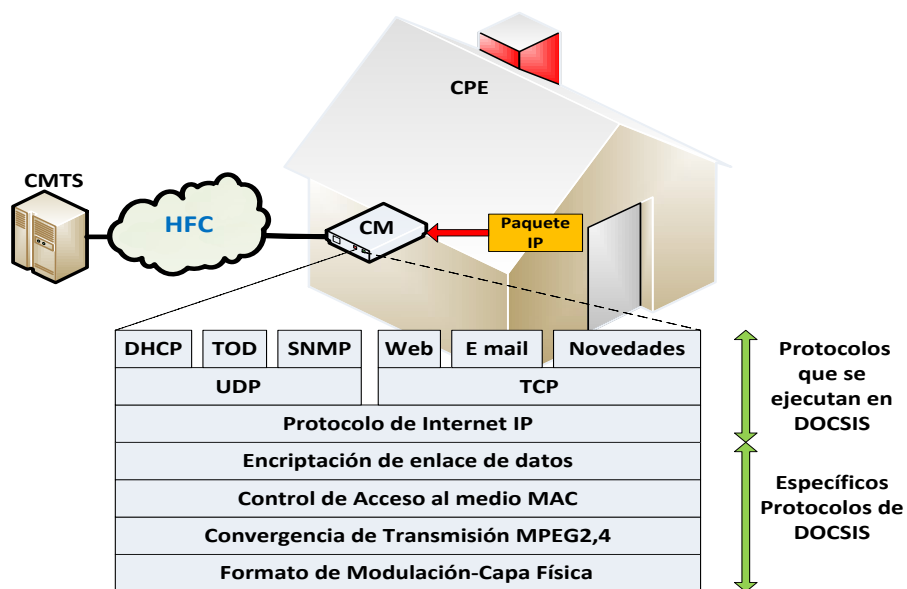


Figura 4.5 Envío Ascendente del paquete en una red HFC

El espectro RF usado por las redes HFC varía entre diferentes operadores dependiendo del diseño y despliegue para brindar los diferentes servicios de telecomunicaciones por lo cual el rango de frecuencias de subida puede ser 5–42 MHz, 5–65 MHz o 5–85 MHz. La red HFC es actualizada por las nuevas versiones de DOCSIS y las mejoras de los equipos CMTS y CM; la quinta generación corresponde a DOCSIS 3.1 considerando que el medio coaxial en condiciones adecuadas proporciona un ancho de banda superior a 1GHz, permitiendo extender el ancho de banda descendente y ascendente en comparación con la primera asignación de ancho de banda de RF en el medio coaxial tal como se muestra en la Tabla 18 para rangos operacionales [38].

Tabla 18 Asignación de frecuencia para DOCSIS

Generación	Rango de Frecuencia en RF para canales de subida	Rango de Frecuencia en RF para canales de bajada
1.- DOCSIS 1.0	5-42 MHz	54-860 MHz
2.- DOCSIS 1.1	5-42 MHz	54-860 MHz
3.- DOCSIS 2.0	5-42 MHz	54-860 MHz
4.- DOCSIS 3.0	5-42 MHz o 5-85MHz	54-860 MHz o 102-1002MHz
5.- DOCSIS 3.1	5-117 MHz o 5-204MHz	258MHz -1218/1788MHz

Durante su evolución la red DOCSIS se caracterizó por el manejo de flujos de servicios el mismo que está en función de los parámetros de calidad

designados por el CMTS, sin olvidar que un flujo de servicio puede incluir múltiples flujos IP. Existe un flujo de servicio descendente que representa todo el tráfico dirigido hacia un grupo de usuarios finales, así también existe un flujo de servicio ascendente que representa todo el tráfico que envían un grupo de usuarios finales, finalmente un flujo de servicio consiste en un transporte unidireccional [39].

A continuación se realiza una breve reseña de las aplicaciones del protocolo DOCSIS estándar Norteamericano debido a su uso en el Ecuador, el cual se describe con algunas observaciones en sus respectivas versiones. DOCSIS 1.0 consistió en solo servicios de televisión por cable, mientras que DOCSIS 1.1 permitió además ingresar servicios en tiempo real como voz y video por streaming de tal forma que incluyo mejorar la calidad de servicio, para luego evolucionar a DOCSIS 2.0 quien es compatible con las anteriores versiones este produjo el incremento de una variedad de servicios digitales proporcionando mejor robustez; contra degradaciones del canal debido a que hubo un aumento de corrección de errores hacia delante de tal forma que se redujo el número de transmisiones de errores [40], [41]. Como se mencionó anteriormente hasta DOCSIS 2.0 fue compatible con las versiones anteriores en especial el CM debía recibir una señal modulada de acuerdo a las características de la tasa de símbolo tal como se muestra en la Tabla 8 de esta manera se estrecha una relación con el canal de bajada es decir del CMTS hacia el CM.

Tabla 19 Canal Descendente DOCSIS1.0/1.1/2.0

CANAL DESCENDENTE				
Versión	Max. Ancho de Banda MHz	Tasa de símbolo nominal M sim/s	Max. Velocidad por canal -Modulación	Números de Canal RF
DOCSIS1.0	6	5.056941	30.34Mbps-64QAM	1
DOCSIS1.1	6	5.056941	30.34Mbps-64QAM	1
DOCSIS2.0	6	5.056941	30.34Mbps-64QAM	1
		5.360537	42.88Mbps-256QAM	

Desde la salida del CM, es decir cada canal de subida es asociada con un ancho de banda la cual está relacionada con la velocidad de transmisión que se le ofrece al usuario y de manera general esta velocidad de transmisión establece la diferencia en el mercado evolutivo de las telecomunicaciones y se puede medir en función de la disponibilidad de la banda de frecuencia para transmitir datos esto es conocido como eficiencia espectral que es la relación entre la velocidad de transmisión del canal y el ancho de banda del canal, de esta manera DOCSIS 2.0 se hace compatible con las versiones anteriores ya que el CM también puede transmitir en QPSK, 8-16-32 y 64QAM estableciendo diferentes tasas de símbolos [40], en la siguiente Tabla 20 se considera las máximas tasas de símbolos para la transmisión, y además se realiza un cálculo teórico para la eficiencia espectral en la Tabla 21 sin olvidar que en la realidad esto depende de varios parámetros como la

relación señal ruido que está limitada por la potencia del CM e involucra la infraestructura del cableado y equipos activos de la red.

Tabla 20 Modulación para el Canal Ascendente DOCSIS 1.0/1.1/2.0

CANAL ASCENDENTE			
Versión	Tasa de símbolo nominal M sim/s	Modulación	Canales en el espectro RF
DOCSIS1.0	2.560	QPSK	1
DOCSIS1.1	2.560	16QAM	1
DOCSIS2.0	5.120	64QAM	1

Tabla 21 Velocidad de Subida DOCSIS 1.0/1.1/2.0

CANAL ASCENDENTE				
Versión	Max. Ancho de Banda por canal MHz	Max. Eficiencia Espectral bps/Hz	Max. Velocidad por canal Mbps	Canales en el espectro RF
DOCSIS1.0	3.2	1.6	5.12	1
DOCSIS1.1	3.2	3.2	10.24	1
DOCSIS2.0	6.4	4.8	30.72	1

Después nace DOCSIS 3.0 debido al crecimiento de los servicios de telecomunicaciones que requieren altas velocidades de datos, de tal manera que incluyo el concepto de la unión de canales los mismos que estarían en función de los flujos de servicios, por lo cual la unión de canales establecería

un ancho de banda de acuerdo a las especificaciones de entrada y salida del CM, esto implica que un CM puede acceder a múltiples canales para la transmisión y recepción de datos, la unión de estos canales pueden ser tratados de manera individual, en un grupo como un canal lógico o de manera mixta en grupo e individual, como por ejemplo para DOCSIS 3.0 el ancho de banda de bajada es 48MHz correspondiente a la unión de 8 canales y el ancho de banda máximo en el canal de subida es 24MHz para la unión de 4 canales, también permite ofrecer servicios al usuario velocidad de 100 Mbps y además incorpora el manejo de IPV6 obligando de alguna u otra forma hacer mejoras de los equipos CM y CMTS [42]. A continuación en la Tabla 22 se muestra las características del canal ascendente y en la Tabla 23 se muestra la velocidad de transmisión descendente establecida por las especificaciones DOCSIS 3.0 y 3.1.

Tabla 22 Características del Canal Ascendente DOCSIS 3.0/3.1

CANAL ASCENDENTE				
Versión	Ancho de Banda por canal MHz	Tasa de símbolo nominal por canal M sim/s	Max. Modulación por canal	Max. Número de Canales en el espectro RF
DOCSIS3.0	6.4	5.120	64QAM	4
DOCSIS3.1	Sub portadoras	5.120	4096QAM	Bloques OFDMA

Tabla 23 Velocidad de transmisión del Canal Descendente DOCSIS 3.0/3.1

CANAL DESCENDENTE		
Versión	Max. Ancho de Banda MHz	Max. Velocidad por canal /Modulación
DOCSIS3.0	48	343 Mbps
DOCSIS3.1	192	Puede llegar a 10 Gbps

DOCSIS 3.1 nace con el objetivo de que el cable modem exceda las capacidades de las redes GPON y EPON de tal manera que se trata de usar la mayor parte del espectro RF del medio coaxial y al vez aplicando altas técnicas de modulación como OFDM, aumentando la capacidad de subida y bajada, además dando facilidades a los operadores para aumentar el rendimiento de la configuración esto hace que el espectro sea administrado dinámicamente de acuerdo al servicio ofrecido y también se usa técnicas más eficientes para la corrección de errores como LDPC o también conocido como comprobación de paridad de baja densidad el mismo que permite operar en situaciones con peor relación señal ruido esto produjo mejoras en la planta HFC, y de ser posible algunos cambios en los divisores debido al aumento del rango de operación en espectro de frecuencia del cable coaxial [43]. Es adecuado mencionar que DOCSIS 3.0 y 3.1 manejan altas velocidades de transmisión y modulación debido al amplio espectro RF y la

unión de varios canales, de tal manera que en DOCSIS 3.1 se podría hablar de bloques que agrupan varios canales con diferentes sub portadoras y diferentes tipos de modulación [44], tal como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24 Máximo tipo de modulación DOCSIS 3.1

DOCSIS 3.1	Max. Ancho de Banda	Max. Numero de Sub portadoras con Espaciado de 25KHz	Max. Modulación de cada Sub portadora
Canal de Subida OFDMA	96 MHz	3800	4096 QAM
Canal de Bajada OFDMA	192MHz	7600	16384 QAM

DOCSIS 3.1 es compatible con DOCSIS 3.0 haciendo que involucre dos tecnologías de la capa física como los canales con modulación en una sola portadora llamada SC-QAM y los canales descendente OFDM o ascendentes OFDMA, de esta manera se menciona que el CM a su salida debe modular una señal con las características desde BPSK hasta 4096-QAM y estas son colocados en un canal OFDMA la misma que constituye un esquema básico de múltiples acceso, donde cada sub portadora tiene

espaciado 25 KHZ y están asignados a diferentes usuarios. Se debe mencionar que cada sub portadora lleva un pequeño porcentaje de la carga útil de los datos a bajas velocidades [45]. En el canal de bajada ocurre algo similar con la diferencia que tiene mayor ancho de banda en el espectro RF. En la siguiente Figura 4.6 se establece un breve bosquejo de la evolución del protocolo DOCSIS.

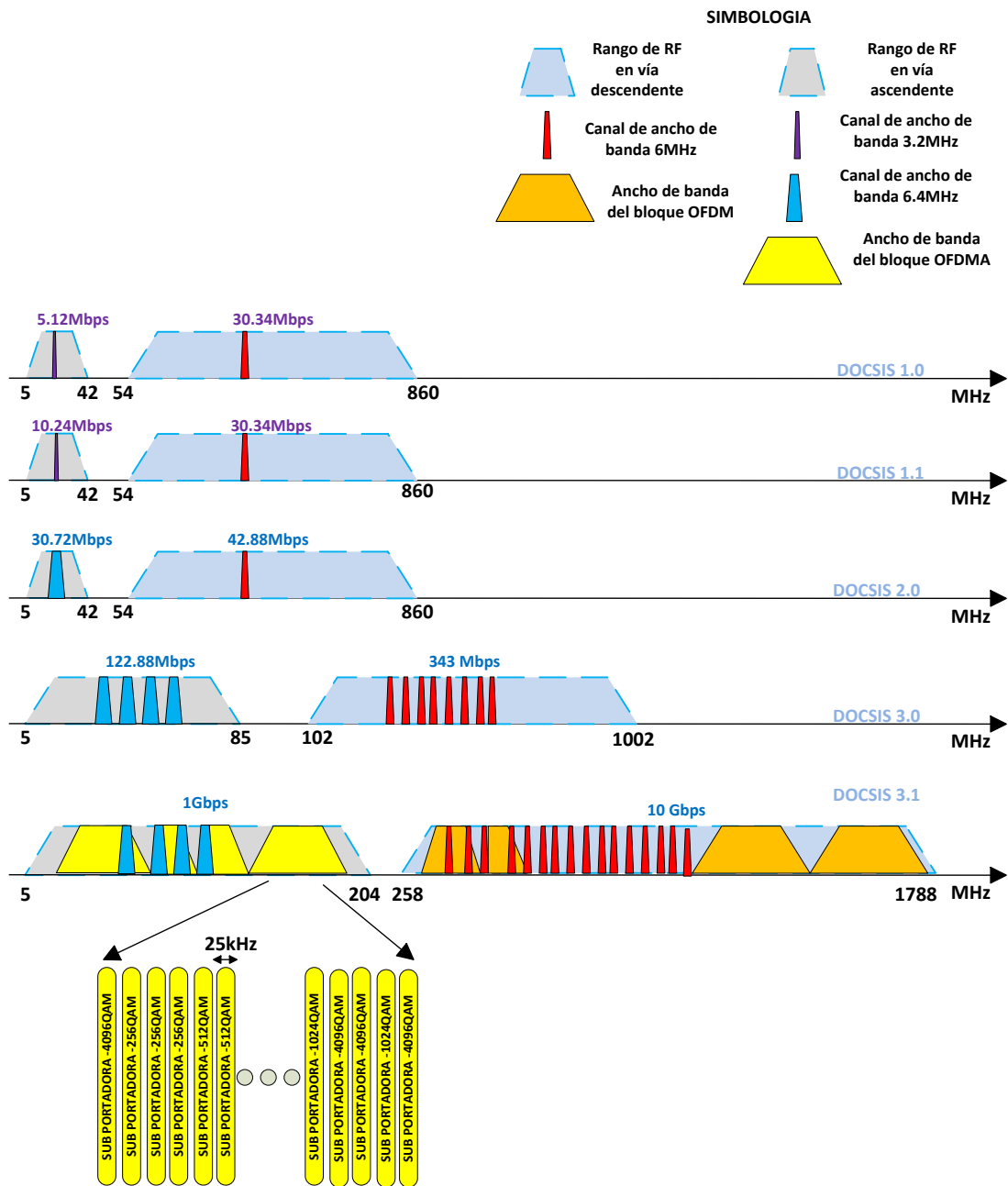


Figura 4.6 Evolución DOCSIS

En la Tabla 25 se muestra las velocidades de transmisión vía ascendente establecidas por las especificaciones DOCSIS y vale mencionar que los cálculos de eficiencia espectral son teóricos, debido a que en la práctica el compartir el ancho de banda para varios usuarios y servicios involucra varias peticiones produciendo mayor latencia en el acceso; sin olvidar que las características de la planta influyen en la distorsión, atenuación de la señal y en los valores SNR ya sea medido en el CM o CMTS [46].

Tabla 25 Velocidad de subida DOCSIS 3.0/3.1

CANAL ASCENDENTE				
Versión	Max. Ancho de Banda por bloques MHz	Max. Eficiencia Espectral bps/Hz	Max. Velocidad de transmisión	Max. Bloques en el espectro RF
DOCSIS3.0	24	5.12	122.88Mbps	1
DOCSIS3.1	96	10.41	1Gbps	2

Las investigaciones realizadas en las redes de Cable Comcast y presentado en las publicaciones técnicas de la empresa ARRIS se determinó, que para un grupo de 20 millones de CM en la transmisión descendente y ascendente los valores de SNR se encontraban en el rango establecido permitiendo realizar una extensión de probabilidades para el cálculo de la eficiencia espectral de esta manera se publicó que para DOCSIS 3.0 con una velocidad ascendente de 26.6 Mbps con modulación de 64QAM en un canal de 6.4MHz

se obtuvo una eficiencia espectral de 4.15 bps/Hz y en la vía ascendente de DOCSIS 3.1 con 3400 sub portadoras espaciadas a 25KHz tienen una eficiencia espectral 7.85 bps/Hz, concluyendo que DOCSIS 3.1 tiene 47% mayor eficiencia espectral que DOCSIS 3.0 [47]. Considerando lo realizado por Cable Comcast se procedió a calcular de manera teórica la eficiencia espectral para DOCSIS 3.1 obteniendo una eficiencia espectral del 51% mayor que DOCSIS 3.0.

Características Generales de las redes GPON-FTTH.

GPON es una red de enlace óptico con la finalidad que predomine los elementos pasivos de tal manera que los costos de implementación sean menores, GPON es definido por la serie de Recomendación UIT-T G.984 tal como se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26 Series de la Recomendación UIT-T-G.984.1-5

Serie de la Recomendación	Aplicación
UIT-T-G.984.1	Características Generales de GPON
UIT-T-G.984.2	Especificación de la capa física
UIT-T-G.984.3	Especificación de la capa de transmisión-convergencia
UIT-T-G.984.4	Especificación de control y administración-ONU
UIT-T-G.984.5	Mejoras de la Banda para los servicios adicionales en proyecto

Esta red tiene diferentes estructuras ya que depende de la localización de la ONU y sus respectivas características, para este caso se hace énfasis en las redes GPON-FTTH. Es adecuado mencionar que GPON no solo puede transportar Ethernet, también puede TDM (incluyendo PSTN, ISDN, E1 y E3) y es el más adecuado para un servicio de triple play mediante el uso de GEM correspondiente a una ligera modificación en la Recomendación UIT-T G.7041 Procedimiento en el tramado genérico. [48]

Las redes GPON proveen servicios de alta tasa de velocidad como servicios basados en IP y también los servicios de Televisión por cable los cuales son ingresados al OLT a través de un convertidor óptico/eléctrico para luego enviarlos al canal de bajada bajo la técnica WDM, por lo cual se desarrollaron un conjunto de requerimientos como la velocidad de transmisión, alcance de la red y el retardo de la transmisión de la señal; todo esto con la finalidad de llegar a las necesidades de los operadores y usuarios debido al crecimiento de las aplicaciones de ancho de banda, permitiendo que actualmente en la práctica la velocidad de transmisión en las redes GPON sea de 2.488Gbps en bajada y 1.244Gbps en subida. [49]

Tal como se muestra en la Figura 4.7 de manera general es adecuado mencionar que GPON ofrece múltiples servicios bajo los requerimientos de calidad, sin embargo GPON adapta varios conceptos de transporte como GTC o GEM que es un mecanismo de transporte permitiendo la

diferenciación de servicios para luego asociar a los flujos de tráfico, por lo cual el sistema de calidad en GPON define un esquema donde cada ONU puede tener uno o más T-CONT. [50]

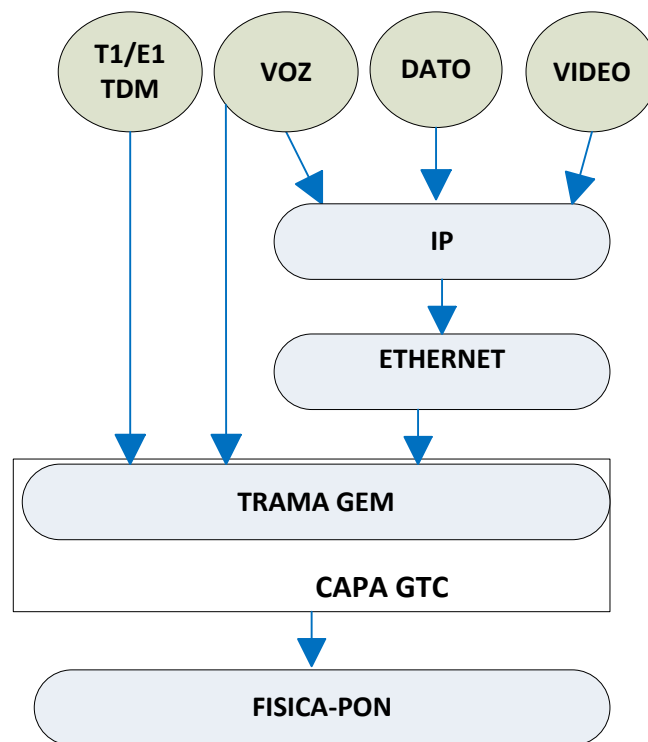


Figura 4.7 Protocolo GPON

GPON soporta velocidades de línea simétrica o asimétrica sobre la capa GTC el cual puede proveer full servicios en altas tasas de transmisión en una arquitectura PON y de manera general permite soportar las funciones de fragmentación y desfragmentación de datos, procesos de la trama GEM, filtrado del puerto GEM ID, proceso del OAM y filtrado de la asignación de identificación el cual está en función de la asignación de ancho de banda

para la ONU en dirección ascendente. Esto permite mencionar que GTC tiene cinco contenedores definidos como T-CONT según la UIT –T 983.4, donde T-CONT 1 garantiza la asignación de ancho de banda fijo para aplicaciones sensibles al tiempo; T-CONT 2 garantiza la asignación de ancho para aplicaciones no sensibles al tiempo; T-CONT 3 garantiza un ancho de banda garantizado y mínimo ancho de banda adicional no asegurada; T-CONT 4 básicamente asigna de manera dinámica el ancho de banda. T-CONT 5 incluye todo tipo de categorías de servicios anteriores. [51]

El alcance de una red GPON está en función de las limitaciones que presenta la fibra óptica debido a la dispersión en la fibra y pérdida de potencia en los divisores (splitter, elementos pasivos sistema bidireccional), un divisor puede variar de 2 a 64 caminos o rutas hacia los abonados. En la práctica el máximo alcance físico de la fibra óptica recomendado entre el OLT y ONU es de 20Km, si esto excede influiría que la OLT no podrá conectarse a varias ONU, permitiendo que el alcance lógico también sea afectado debido a que el diseño de control TDMA está en función del tiempo de ida y vuelta del haz de luz entre la OLT y la ONU. [52]

Sin importar el tipo de interfaz entre la OLT y la ONU como también entre la ONU y los equipos del usuario, se debe mencionar que GEM proporciona una conexión orientada a un mecanismo de tramas de longitud variable para transportar servicios de datos sobre PON, además es adecuado mencionar

que al inicio de la Recomendación UIT-T-G.984.3 en el 2004 se estableció que GTC podía soportar las celdas ATM pero actualmente fueron eliminados de la recomendación debido al desuso de la misma en la evolución tecnológica de las telecomunicaciones.

En resumen la dirección descendente presenta una funcionalidad de multiplexación del tráfico centralizado tal como se muestra en la Figura 4.8, de tal manera que la OLT hace multiplexación de la trama GEM en el medio de transmisión usando el puerto GEM ID como clave para identificar las tramas GEM que pertenecen a diferentes conexiones lógicas, para luego ser ingresadas y filtradas por cada ONU de acuerdo al puerto GEM ID y de esta manera solo son procesadas las tramas GEM en el respectivo ONU [53]. Y en la dirección ascendente la OLT garantiza la oportunidad de transmisión mediante la asignación del ancho de banda y el tiempo que cada ONU puede transmitir, con la finalidad que en el actual trafico este sea adaptado rápidamente a un usuario el cual está en función de los contenedores, de tal manera que la ONU utiliza el GEM Port-ID como una clave de multiplexación para identificar las tramas GEM que pertenecen a diferentes conexiones lógicas en la dirección ascendente tal como se muestra en la Figura 4.8.

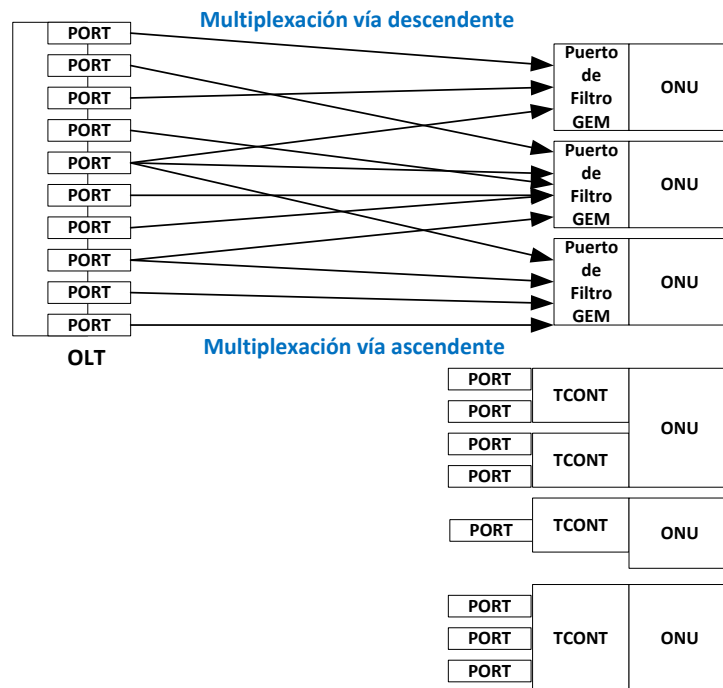


Figura 4.8 Multiplexación en la red GPON

Una vez realizado una descripción general de las redes GPON, el costo está en función de la ubicación geográfica de los clientes involucrando muchos factores como para el acceso de la fibra óptica, la demanda de los servicios y el crecimiento del ancho de banda; todo esto involucra una tarea no muy fácil en el diseño, sin embargo usando algoritmos matemáticos se puede establecer la posición adecuada del Nodo divisor y varios de ellos con la finalidad de establecer un enlace óptico hacia el usuario final y esto es conocido como GPON-FTTH [54],(ver Figura 4.9).

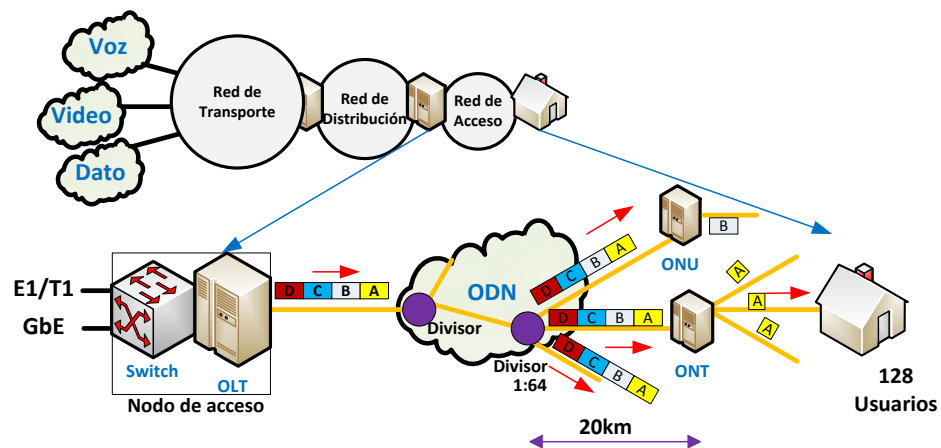


Figura 4.9 Arquitectura GPON-FTTH

Una de las arquitecturas más populares de GPON es FTTH la cual tiene las siguientes características de servicios de ancho de banda simétrico o asimétrico, ISDN, POTS y servicios de ancho de banda estrecho como línea telefónica, sin olvidar que los servicios de triple play (voz, datos y video) son los más ofrecidos en el mercado de telecomunicaciones y sus respectivas tasas varían de acuerdo al sector geográfico/económico, pero por lo general pueden ser clasificados en dos grupos; como servicio triple play sin HDTV ofreciendo a los usuarios una tasa de 10Mbps mientras que los usuarios que desean HDTV reciben una tasa de 20Mbps.

La velocidad más popular en las redes GPON en tráfico ascendente es 1.2Gbps y descendente 2.4Gbps, por lo cual considerando la Figura 4.9 la primera etapa consiste en un conmutador de agregación que es el responsable para aceptar el tráfico desde la parte de transporte ascendente

mientras que al mismo tiempo filtra el tráfico innecesario; por lo general las interfaces corresponde a E1/T1 con valores de 2.048Mbps y 1.554 Mbps respectivamente y GigabitEthernet, la segunda etapa consiste en las funciones de OLT con la programación del tráfico, control de buffer y la asignación del ancho de banda, en la tercera es una red óptica clásica con divisores conocida como ODN y su arquitectura es tipo árbol por lo cual hay diferentes clases de GPON pero la más usada es con un divisor de 1:64 hasta un alcance de 20 Km en la práctica; en la cuarta etapa se encuentra el extremo de GPON conocido como ONT el cual tiene más de un puerto UNI por lo general cubre hasta 128 usuarios y en la quinta etapa representa el equipamiento del usuario por ejemplo un típico teléfono, computador o decodificador [55].

La arquitectura FTTH sobre las redes GPON pueden ser usadas en los proyectos que consiste en la aplicación de una nueva infraestructura de telecomunicaciones instalada por primera vez, o en la infraestructura de telecomunicaciones que tiene baja calidad en sus servicios y pretende ser mejorada al incorporar la red GPON-FTTH debido al manejo de calidad en los servicios de telecomunicaciones existentes [56].

4.3 Diseño de la red para la unificación activa y pasiva de las redes de acceso.-

El diseño de la red consiste en realizar un esquema de las condiciones que se debe tener para solucionar el problema que presenta las diferentes acometidas, donde uno de los objetivos es poder unificar la parte activa y pasiva de las redes de acceso con la finalidad de brindar mediante un mismo medio físico varios servicios de diferentes operadores hacia un usuario final, como se muestra en la Figura 4.10.

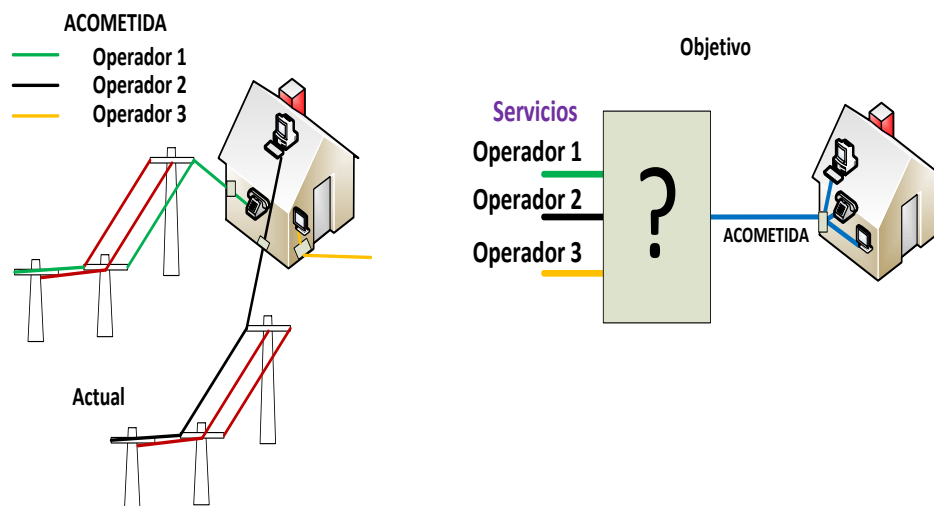


Figura 4.10 Objetivo del Diseño

Después de la revisión de literatura acerca de la compartición de infraestructura pasiva se detalla que esto si es posible y además se conoce que en la ciudad de Guayaquil ya se encontraba en proyecto, por lo cual en

el esquema del diseño de la red procedemos a enfocarnos en la compartición activa asumiendo que la parte pasiva se encuentra ejecutándose entre diferentes operadores.

Como es de conocimiento después de la encuesta realizada se puede decir que todos usan la tecnología SDH en la red de transporte y el inconveniente consiste en que se tiene dos redes de acceso HFC y GPON FTTH los cuales usan como medio físico en la acometida el cable coaxial y fibra óptica respectivamente, sin olvidar que dentro de su red de telecomunicaciones existe un punto conocido como Nodo de Fibra y OLT hasta donde llega la fibra óptica en altas tasas de transmisión para luego ser distribuidos en toda la zona definido como acceso (ver Figura 4.11).

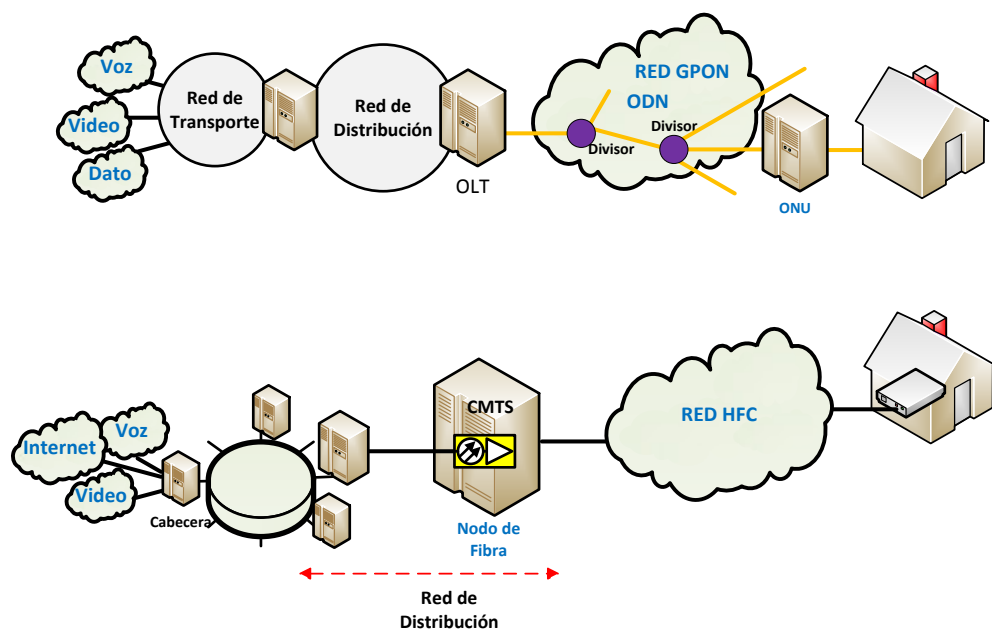


Figura 4.11 Redes más comunes en la ciudad de Guayaquil

Desde un panorama general existen los inconvenientes que son descritos a continuación:

- El presente estudio no consiste en cambiar la planta de cables de acometida debido al gran costo que presenta, más bien de ser posible que bajo esa acometida se brinde diferentes servicios de telecomunicaciones de diferentes operadores.
- Poder establecer un interfaz que permita la unificación de estas redes de acceso tal como se muestra en la Figura 4.12.

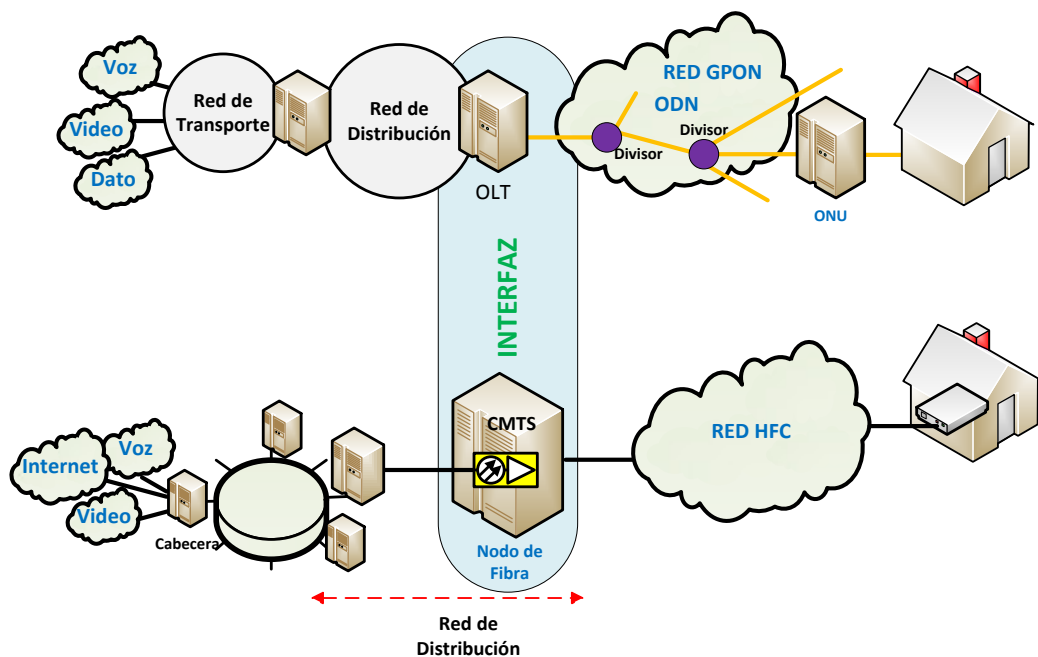


Figura 4.12 Panorama General de la unificación de redes de acceso

Se tiene que en ambas situaciones existe una troncal de fibra por lo cual puede ser el punto de partida para establecer una interfaz que use un protocolo dominante conocido como IP.

Se refiere a IP como el protocolo de transporte dominante en el mundo debido a que permite una conectividad de manera global entre cualquier tipo de redes como TDM, ATM y Frame Relay, etc. [57]

El protocolo de comunicación estándar que es ampliamente aceptado y utilizado en el mundo en la actualidad, está basado en protocolo de comunicación IP presentando una tendencia de desarrollo técnico. [58]

Se plantea buscar una o varias interfaces para la convergencia de las redes antes mencionadas sin olvidar que el protocolo IP es fundamental para la gestión y ofrecimiento de los servicios de ancho de banda esto orienta a detallar las características de la posible solución, por lo cual se presenta el uso de la tecnología Plataforma de acceso para cable convergente.

CCAP es una tecnología que incluye varias funcionalidades como EQAM, CMTS con DOCSIS 3.0, en el futuro DOCSIS 3.1 debido a que se encuentra en proceso de madurez, y además opciones para incorporar interfaces ópticas para las redes PON. Una breve descripción EQAM es un dispositivo que recibe paquetes de datos o video digital bajo los estándares internacionales de compresión, descompresión, procesado y representación codificada de vídeo, audio y su combinación; esto es conocido como MPEG,

para luego ser enviado hacia el usuario usando el canal RF en la respectiva portadora QAM en función de los servicios DOCSIS. Además recordamos que CMTS es un dispositivo que permite alta tasa de transmisión de datos bajo el protocolo DOCSIS y en este caso presenta varias interfaces de sistema de redes, en la Figura 4.13 se muestra la arquitectura CCAP.

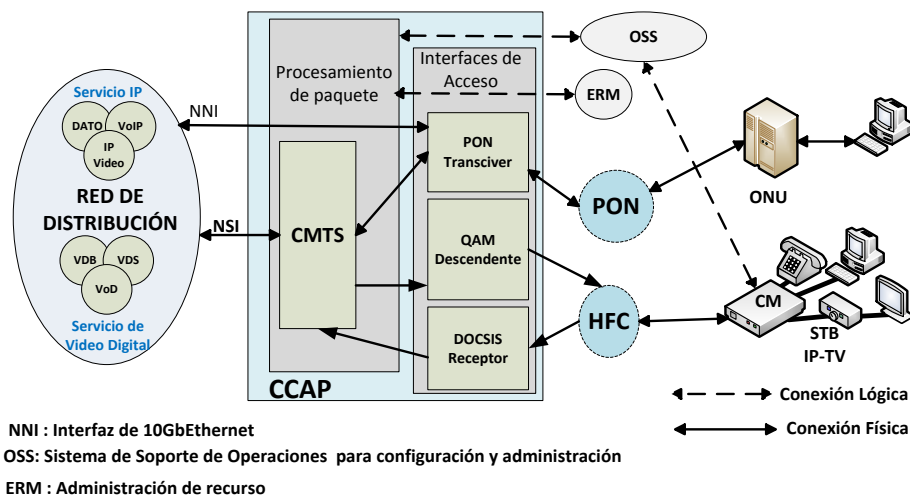


Figura 4.13 Arquitectura CCAP

En [59], presenta las características principales del CCAP que en resumen corresponde a lo siguiente:

- Permite el uso flexible de los canales QAM de tal manera que separa el conjunto de aplicaciones de difusión selectiva (en inglés corresponde narrowcasting) y divulgación (broadcasting), por lo cual los canales para servicios de difusión selectiva son implementados en cada puerto RF mientras que para los canales de servicios para divulgación son compartidos por todos los puertos RF. Se debe

recalcar que también se permite la combinación entre divulgación y difusión en los puertos de bajada permitiendo crear grupos de diferentes servicios en un puerto RF.

- Permite la sustitución o instalación de módulos para el acceso de otras tecnologías con interfaces ascendentes de mayor capacidad como por ejemplo la ejecución de EPON, por lo cual CCAP puede ser flexible en brindar los servicios DOCSIS en RF y servicios basados EPON.
- El entorno de CCAP es configurable a través de módulos de software que permiten la actualización y mejoras para brindar servicios de alto ancho de banda.
- En los enlaces redundantes en la interfaz del lado de la red NSI estos son enlaces o multienlaces en módulos independientes por seguridad, además el operador a través de los módulos de software pueden aplicar balanceo de carga en el tráfico y así ofrecer mayor eficiencia en los servicios.
- En un mismo interface se puede configurar las funciones de CMTS y QAM de tal manera que todos los servicios del CCAP está basado en el procesamiento de archivos de configuración XML con la finalidad de simplificar la gestión en algún momento de falla.

- Menos espacio dentro de las instalaciones de la cabecera o también llamado “Cabecera” debido a la integración de varios módulos en un solo equipo correspondiente a la tecnología CCAP por lo cual la cantidad de calor generado por el equipo también se reduce, resultando en ahorros de enfriamiento en la cabecera.
- CCAP es un sistema que puede soportar enrutamiento y reenvío IP para brindar los servicios de mayor ancho de banda de tal manera que pueda soportar una gama de aplicaciones IP.
- Se debe mencionar que CCAP no está destinado a la modulación analógica, ya que desde la transmisión de bajada desde el CCAP se lo realiza en señales digitales QAM hasta la entrada del último nodo de fibra óptica de la red de distribución.

A continuación se describe los servicios que puede soportar un CCAP en una red HFC y algunos de estos servicios también puede ser desplegados por las red EPON.

Los servicios de video EQAM soportado por CCAP son los servicios de video digital los cuales pueden ser por difusión selectiva o divulgación, estos servicios se describe en la siguiente Tabla 27.

Tabla 27 Servicios Video EQAM-CCAP

Servicio Video EQAM	Descripción
VDB	Se refiere a un grupo de usuarios finales que tienen una recepción de listas de programación en común. Por lo cual la programación opera en un horario regular y los espectadores no tienen la interacción de pausar o avanzar el programa.
VDS	Se refiere que el contenido del servicio se lo realiza en una difusión selectiva hacia uno o más nodos de fibra que involucran múltiples usuarios, la transmisión es bidireccional recibiendo el apoyo de un equipo STB que permite indicar si el canal sintonizado está en el servicio solicitado por el usuario. Además es adecuado mencionar que en la línea del canal de transmisión hacia el nodo pueden coexistir el servicio VDB y VDS. El servicio está en un horario regular y no bajo el control del usuario.
VoD	Se refiere al servicio entregado a un abonado en específico, por lo cual es un servicio con difusión selectiva el mismo que requiere la interacción entre el STB del usuario y el sistema de control de programa es decir el usuario tiene la capacidad de hacer una selección de vídeo y tener control sobre su reproducción (por ejemplo, pausa, rebobinado, avance rápido).

Considerando los otros equipos cuyas interfaces soportan las especificaciones DOCSIS, entonces los servicios también ofrecidos por CCAP (ver Tabla 28).

Tabla 28 Servicios DOCSIS-CCAP

Servicio DOCSIS	Descripción
HSI o HSD	Interfaces para CM y CMTS están definidos bajo las especificaciones DOCSIS sin olvidar que versión 3.0 presenta mejoras como la unión de canales, además soporta IPV6 de tal manera que presenta un aumento en el ancho de banda para los clientes teniendo una velocidad de subida de 120Mbps y actualmente se encuentra DOCSIS 3.1 con un mayor ancho de banda en subida de 1Gbps.
VoIP	CCAP realiza las funciones del CMTS que involucra las funcionalidades del packetcable de tal manera que ofrece un servicio de voz presentando calidad de voz, funciones de llamada, y la fiabilidad que se espera de un servicio de telefonía convencional. Se debe mencionar que VoIP puede ser considerada como una aplicación de HSI.

<p>Servicio transparente LAN sobre DOCSIS Red Virtual Capa 2</p>	<p>Este servicio permite que las empresas amplíe su capa 2 redes Ethernet (LAN) a través de la nube de conectividad de la red de transporte que podría ser por una red Ethernet, IP o MPLS, por lo cual es necesario la encapsulación de un flujo de paquetes en la interfaz del lado de la red NSI esto implica funcionalidades de calidad y servicio, encriptación en el downstream y entre otras características.</p>
<p>Servicios de vídeo de la próxima generación entregan a través de DOCSIS</p>	<p>Está orientado a la gestión de la entrega del servicio video IP de tal manera que el CCAP emplee los menores recursos para este tráfico.</p>

Es adecuado mencionar que CCAP también presenta interfaces para redes EPON y así ofrecer internet de alta velocidad, estas interfaces que permite la interoperabilidad entre CCAP y EPON, es el conjunto de especificaciones DPoE, y funciones de enrutamiento IP incluyendo reenvío y servicio, estas funciones son similares con DOCSIS en RF. Los servicios desplegados en los enlaces para RF y EPON varían con el tiempo por lo cual CCAP no solo se puede configurar para una red de acceso también puede configurarse de manera mixta donde está limitado por la tecnología de acceso instalado, por la capacidad de plataformas para soportar ranuras de EPON y la capacidad general de rendimiento compatible, en la Figura 4.14 se muestra el manejo

del volumen de datos del CCAP que está en función de la tecnología y además fue diseñado para soportar ambos servicios simultáneamente .

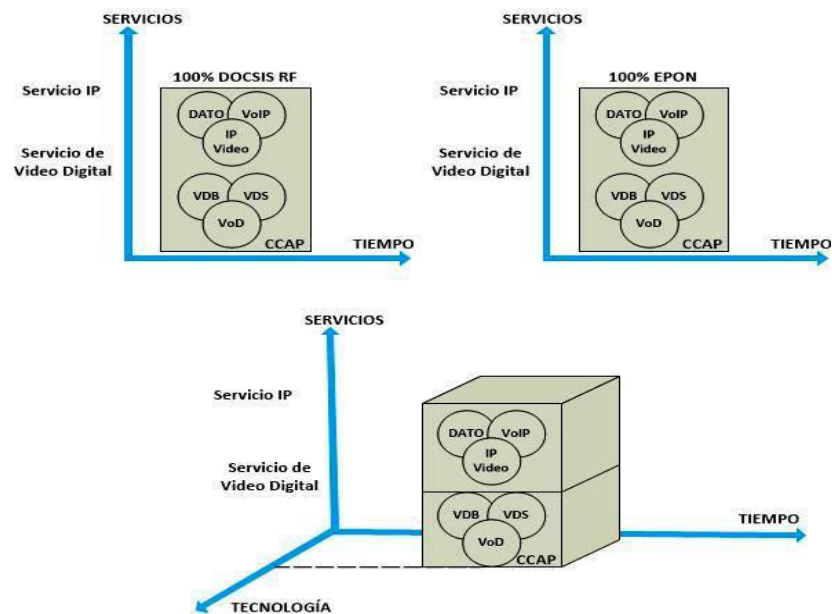


Figura 4.14 Capacidad General de la Compatibilidad CCAP

CCAP está diseñado para incrementar la capacidad de un solo dispositivo por lo cual en la Tabla 29 se muestra las características principales. CCAP recibe desde una red de distribución o agregación el contenido de servicios IP y servicios de video digital a través de una o varias interfaces NSI, también se puede usar servicios de negocios para internet de alta velocidad mediante la interfaz de red hacia red (NNI) con capacidad de 10GbE. [60]

CCAP también tiene todas las funciones de un ruteador de borde este soporta múltiples protocolos por lo cual no es solo IP, esto incluye redes

virtuales VPN en IP que permite conectar mediante un pseudo cable entre sedes de manera segura, sencilla y eficiente bajo la tecnología MPLS, de esta manera existe la integración de la capa de enlace de datos y la capa de transporte.

Tabla 29 Características de Interfaces Entrada/Salida-CCAP

Parte del Equipo	Características	Observación
Puerto RF bajada	Mínimo de 15-20 puertos	Chasis Pequeño
	Mínimo de 40-60 puertos	Chasis Largo
Típica tarjeta de bajada	12 puertos RF	Chasis Largo
Interfaces bajada GbE	10,40,100 Gbps	Puede soportar más de 150Gbps
1 Puerto RF bajada	Al menos 128 QAM	DOCSIS 3.0
Puerto RF subida	Mínimo de 32-40 puertos	Chasis Pequeño
	Mínimo de 80-120 puertos	Chasis Largo
Típica tarjeta de subida	16 puertos RF	Chasis Largo
1 Puerto subida	4 canales subida	DOCSIS 3.0
Interfaces PON	Mínimo 16 puertos activo	Cada puerto dirigido entre 64: 128 usuarios

Interfaz del lado de red	Al menos dos puertos	Permite la redundancia con la red regional de tal manera que el CCAP tiene módulos diferentes para cada enlace de redundancia, además aplica en el tráfico balanceo de carga. 160Gbps de datos por puerto en chasis largo. 80Gbps de datos en chasis pequeño.
--------------------------	----------------------	---

Después de una breve revisión de literatura acerca de la interfaz que se pretende aplicar como es la plataforma CCAP se pudo observar que para este enfoque se tiene que establecer alguna otra interfaz entre las redes EPON y GPON; ambos estándares son completamente diferentes, EPON está basado en los requerimientos de un hardware más flexible y GPON con requerimientos más estrictos de hardware y un enfoque más amplio acerca de la garantía en la calidad de servicio.

EPON y GPON también se diferencian debido a que EPON usa estándares de tramas Ethernet mientras que GPON utiliza el transporte basado en tramas sincronizadas, también se diferencian en los protocolos MAC y en los métodos de codificación de línea. El GPON es un estándar definido por la UIT en la cual transporta Ethernet o IP usando el método de encapsulación GPON

(GEM) que bajo un eficiente proceso de fragmentación brinda tasas de subida y bajada para 128 usuarios, mientras que el estándar EPON (IEEE 802.3) sin fragmentación soporta 32 usuarios [61]

Considerando aquella discusión es recomendable hacer un breve panorama de las dos redes PON antes mencionadas ya que también son usadas en las aplicaciones FTTx, por lo cual en [62] menciona lo siguiente:

- GPON ofrece una mayor eficiencia en el ancho de banda en comparación con EPON
- En el campo los divisores o también conocidos como Split en GPON máximo es 1:64 mientras que en EPON es 1:32.
- GPON puede soportar actualizaciones en los servicios y además puede transportar IP/Ethernet, ATM y datos TDM.
- EPON integra Ethernet y bajo un sistema de gestión homogénea se puede configurar en conexión punto a punto o punto multipunto.
- EPON y GPON usan WDM pero también usan una técnica adicional como TDM.
- Para la realización de servicios TDM y servicios de triple play, EPON tiene que unirse a un nuevo mecanismo de MAC que aumenta la complejidad de EPON y los costos de equipo.

Considerando lo antes mencionado a continuación se realiza una breve descripción del funcionamiento de las PON, que también son principios generales de las redes GPON y EPON:

- Éstas presentan una conexión punto multipunto de tal manera que satisfagan las necesidades del incremento de la demanda en las redes de acceso de las infraestructuras de telecomunicaciones.
- Consiste en un OLT ubicado en la oficina central y varios ONU en las instalaciones del cliente.
- En un TDM PON el tráfico de bajada hacia el usuario, es enviado desde el OLT por divulgación hacia todos las ONU, mientras que en la dirección de subida desde el cliente se usa un mecanismo de arbitraje que un solo ONU puede transmitir datos en un tiempo establecido, debido a que el canal ascendente es compartido.
- El tiempo de inicio y la duración de cada intervalo de tiempo de transmisión de cada ONU se lo realiza de acuerdo a una asignación de ancho de banda, el cual puede adaptarse a la demanda del tráfico actual considerando una asignación de ancho de banda dinámica.

Los intervalos de tiempos asignados a cada ONU para que empiece a transmitir hacia el OLT en los casos de EPON y GPON respectivamente son 1ms y 125 μ s [63], por lo cual para un sistema que incluye estos estándares

no existe algún algoritmo DBA específico de tal manera que este campo está abierto hacia los diseñadores, esto también es mencionado en [64], explicando que las dos filosofías se reducen a diferencias en los intervalos de guarda que sirve para que las transmisiones no se interfieran, el encabezado, y otras formas de parámetros que influyen en la utilización de ancho de banda dentro de los dos sistemas. Estas diferencias subyacentes gobiernan de tal manera que permiten establecer cómo DBA debe ser diseñado con el fin de hacer frente a las necesidades del tráfico impuestas y las políticas de equidad, manteniendo la utilización eficiente de canal ascendente compartida de la red PON.

Se puede realizar un panorama acerca de las tasas de transmisión de los dos estándares tal como se muestra en la Figura 4.15, para este caso la tasa de transmisión debería tener como máximo en subida y bajada 1.24Gbps y a la vez realizar un algoritmo DBA considerando como base lo antes mencionado por lo cual sería uno de las posibles opciones pero esta fuera del alcance del documento.

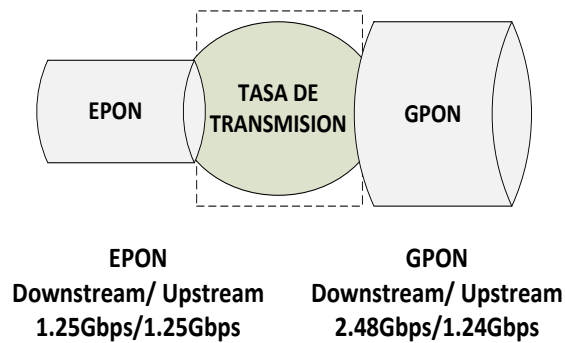


Figura 4.15 Tasas de Transmisión EPON-GPON

Después de haber realizado una descripción de la plataforma CCAP donde sus características se encuentran desarrolladas en las redes HFC y EPON, permitió analizar una posible situación de una interfaz entre EPON y GPON dando como resultado una revisión de literatura donde lo único común es el DBA un algoritmo destinado aquel proceso de asignación de ancho de banda, otra posible solución es que dentro de las características del CCAP se menciona módulos de accesos de interfaces PON y esto orientó a buscar información acerca de las especificaciones DPoG las cuales no están completamente desarrolladas, pero están enfocadas en las operaciones de protocolo de internet IP que utilizan los servicios DOCSIS, de tal manera que los principales elementos en la arquitectura son el sistema DPoG con OLT que reside en la cabecera o en algún nodo, y la D-ONU con un subsistema de DOCSIS embebido que es una emulación de ONU. La arquitectura DPoG en comparación con la arquitectura DPoE no sufrió cambios ya que están

orientadas a redes PON, más bien los cambios se enfocaron en las asignaciones de ancho de banda dinámica la misma que para DPoG está en función del flujo de servicio y el reconocimiento de la necesidad de asignar la configuración del cable modem virtual para la objetos definidos en Operación administración y mantenimiento de las GPON hacia la D-ONU, por lo cual el principio básico de su funcionamiento es que dentro de los módulos CCAP todo este conformado por flujos de servicios DOCSIS para luego ser enviado a las redes GPON mediante la encapsulación conocido como GEM. [65]

En resumen el sistema DPoG es el encargado de la asignación de ancho de banda para la vía ascendente de cada D-ONU por lo cual requiere de funciones de similares a OLT e incluyendo funciones de servicios DOCSIS requeridos por la interfaz referencial D la cual puede estar en función de la interfaz NNI o NSI permitiendo llevar todo el tráfico de servicios DOCSIS IP y también como por ejemplo el tráfico IP / MPLS, sin olvidar que también permite llevar información acerca de la seguridad y gestión de la red, mientras que en la vía ascendente está en función de los T-CONT y su proceso es algo similar a GPON [66].

Los requisitos de servicios están en función de las operaciones, administración, mantenimiento y aprovisionamiento, y la recopilación de datos para un entorno GPON de múltiples proveedores con DOCSIS, IP, y los posibles controles de Ethernet. La mayoría de estos servicios requieren la

funcionalidad básica que se comparte a través de múltiples servicios, por lo cual en las especificaciones DPoGv1.0 se menciona que puede proveer el servicio HSD conocido como Acceso a Internet bajo las funcionalidades descritas en DOCSIS 3.0, también están los servicios metro Ethernet que permiten administrando datos, voz y video a través de VLAN que son propias de un mercado evolutivo de las telecomunicaciones y que no están dirigidas hacia las especificaciones DPoGv1.0, además el sistema DPoG requiere de interfaces PON,IP y OSS que consiste en el punto principal de la seguridad y gestión de la red.

De manera general se debe recalcar que CCAP es una arquitectura diseñada en base a módulos por lo cual desde un solo sistema puede abordar de manera operativa y flexible todos los servicios digitales, la administración del espectro y su respectiva eficiencia a través de la interfaz ERMI que permite gestionar y controlar los canales QAM, también se puede administrar y configurar la red de manera remota a través de la interfaz del sistema de soporte de operaciones permitiendo dar soluciones a gestión de averías, aplicaciones de servicios y etc. [67], Además CCAP reduce el espacio ya que todo se encuentra en una sola plataforma beneficiando al operador de múltiples servicios, el uso de la plataforma antes mencionada permite estimar una posible solución teórica para el diseño de la compartición de infraestructura activa sin olvidar que CCAP también se orienta hacia la nueva versión de DOCSIS 3.1.

Se denomina solución teórica del diseño debido a los factores importantes que intervinieron las cuales se detallan a continuación:

- Las empresas investigadas restringieron la información acerca de la zonas que tienen mayor cantidad de tráfico y la ubicación de los nodos de acceso por lo cual impidió realizar una matriz explícitamente de las áreas de redes de acceso y establecer una zona de diseño.
- Se debe conocer el diagrama completo de la compartición de infraestructura pasiva ya que esto orienta a una posible compartición de infraestructura activa de tal manera que se planifique la posición de la nueva interfaz que acople a las diferentes redes de acceso.

Para el diseño teórico se propone que debe existir el estado de convergencia de zonas de tráfico tal como se muestra en la Figura 4.16 y Figura 4.17 el cual se aproxima a la vida real debido a que podemos tener los nodos de acceso distribuidos de manera aleatoria o lo más cerca posible, en ambos casos esta zona involucra más de un operador que tenga distintas redes de acceso en este caso HFC y GPON, esto es válido debido a que la interfaz a utilizar debe encontrarse en una posición adecuada que involucre lo antes mencionado y así los diferentes operadores ofrecen servicios al usuario por un mismo medio físico.

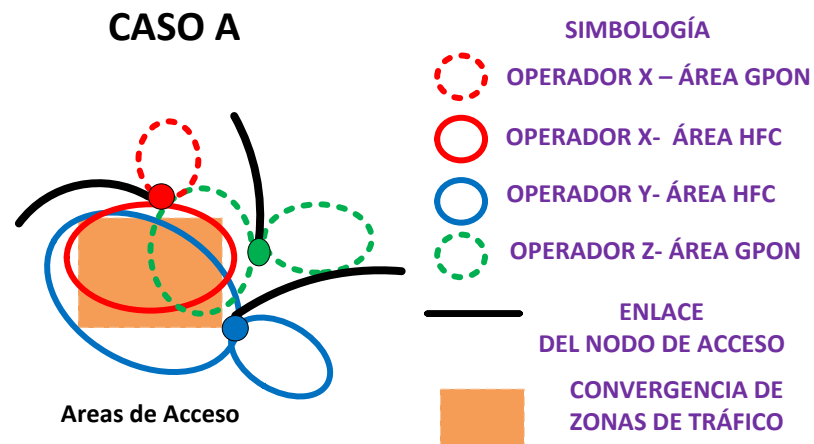


Figura 4.16 Nodos de acceso-alejados

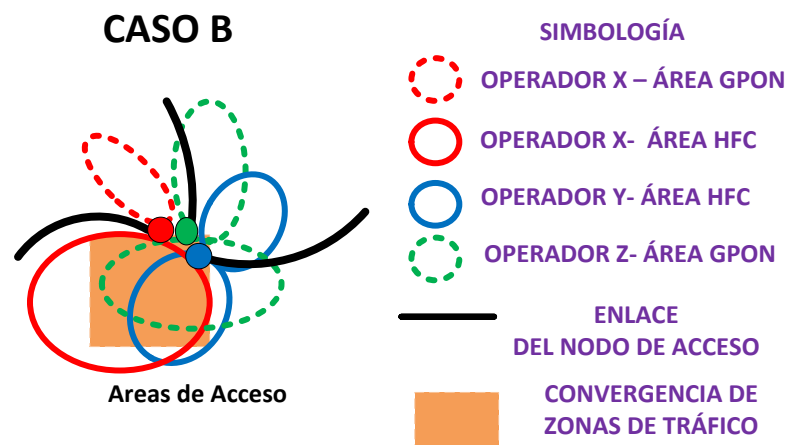


Figura 4.17 Nodos de acceso-cercanos

Una vez seleccionado la zona y conociendo la compartición de infraestructura pasiva esto permitirá establecer los respectivos parámetros para el diseño que involucraría la conexión desde la posición principal del CCAP hacia los nodos de los operadores que intervienen de tal manera que se tendría un esquema similar a la Figura 4.18 del CASO A ,mientras que en

la Figura 4.19 el CASO B consiste en que los nodos de las redes de acceso se encuentre lo menos separable y de esta forma se pretende agrupar en un solo nodo CCAP.

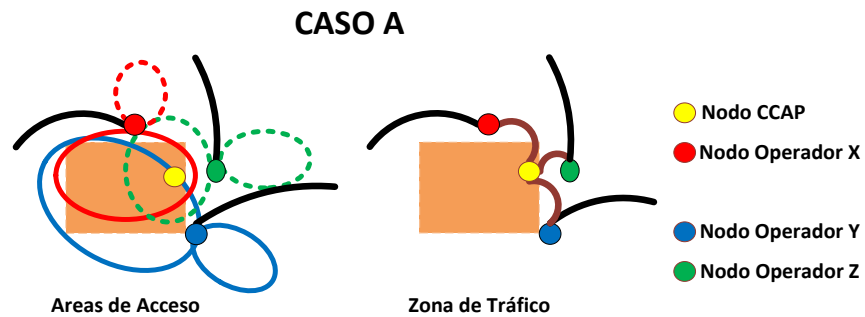


Figura 4.18 Zona de Tráfico-nodo de acceso-alejado

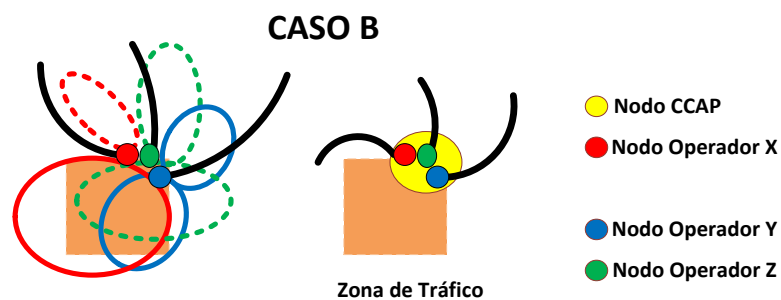


Figura 4.19 Zona de Tráfico-nodo de acceso-cercano

Considerando las posibles situaciones del estado de convergencia de las zonas de tráfico y bajo el criterio de la revisión de la plataforma CCAP se describe de manera teórica el funcionamiento del diseño planteado según la Figura 4.20, empezando desde CCAP que consiste en un arquitectura que puede residir en la cabecera o en el nodo de acceso recibiendo como

entrada los servicios entregados por la red de distribución a través de una interfaz NSI con velocidad de transmisión desde 80Gbps a 160Gbps por puerto, la plataforma CCAP procesa los datos bajo el protocolo DOCSIS que permite transferencia bidireccional del tráfico IP entre las redes, por lo cual CCAP está diseñado en DOCSIS versión 3.0 con visión a cambios para DOCSIS versión 3.1 donde la diferencia consiste en la velocidad de transmisión y mayor ancho de banda y un buen manejo de flujos de servicios ya sea de manera independiente o en grupo tal como se menciona en los capítulos anteriores en la descripción teórica de las versiones antes mencionados.

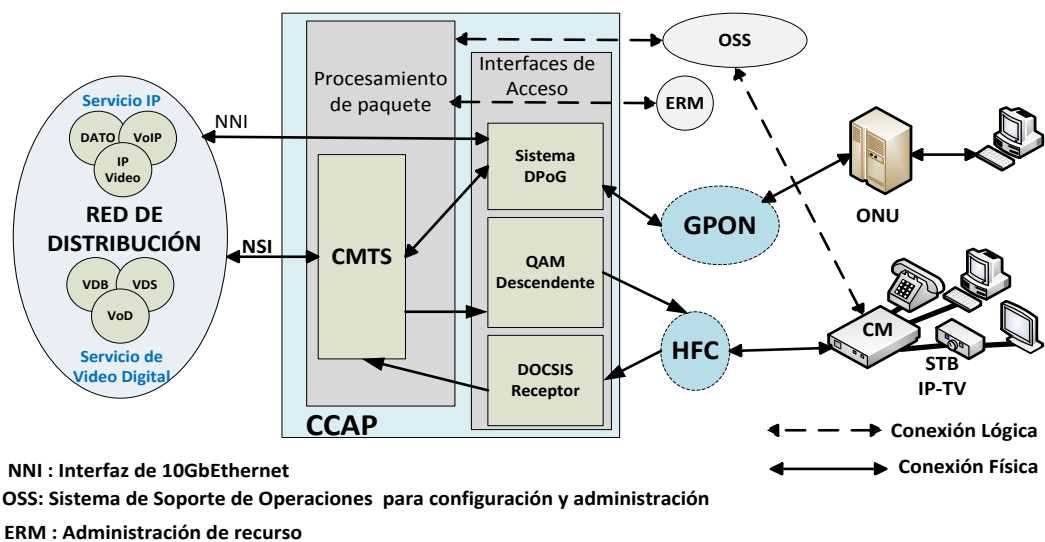


Figura 4.20 Arquitectura del CCAP-GPON

Dentro de la arquitectura CCAP se encuentra el sistema DPoG cumpliendo características similares a las OLT en las redes GPON como son la velocidad de transmisión y además estableciendo interoperabilidad con el protocolo DOCSIS 3.0 para luego establecer conexión con la ONU. Las Interfaces de la red pasiva óptica del CCAP cumplen con el estándar GPON como velocidad de transmisión ascendente/descendente y área de cobertura que consiste cerca de 128 usuarios, y según las especificaciones DPoGv1.0 solo se podría ofrecer HSI.

4.4 Condiciones y limitaciones.-

Para presentar el diseño teórico se realizó una investigación de la actual tecnología y sus procesos de evolución, también se consideró la situación de las redes en la ciudad de Guayaquil por lo cual a continuación se detalla la principal condición para poder establecer la compartición de infraestructura activa y pasiva.

- Como es de conocimiento un gran costo corresponde a la infraestructura pasiva en especial la obra civil las mismas que en ciertas ocasiones comparten con otros operadores, permitiendo establecer una posición adecuada de la plataforma CCAP en la redes de distribución que brindan acceso mediante la tecnología HFC y GPON. Por supuesto establecer la posición de la plataforma CCAP

como mínimo estaría en función del sector de la demanda de los servicios de telecomunicaciones.

Considerando la condición antes mencionada y la posible zona de tráfico procedemos a establecer cuál de los dos casos A y B sería más factible para la instalación del nodo CCAP tal como se muestra en la Figura.

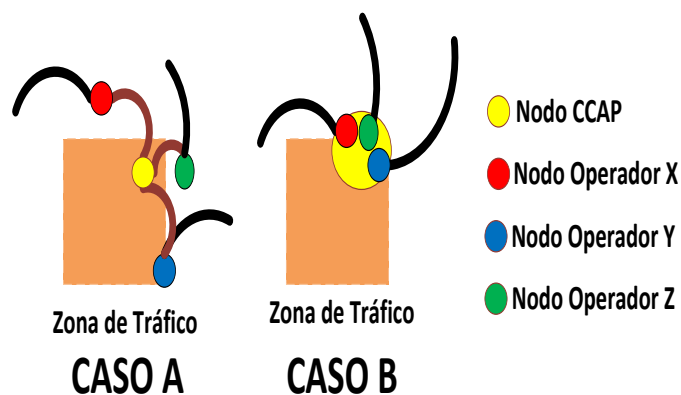


Figura 4.21 Diferentes zonas de tráfico

En el caso A se observa que el CCAP estaría conectado con los diferentes nodos de operadoras de tal manera que no es propio de su conexión ya que CCAP debe ser el nodo borde entre la red de distribución y la red de acceso tal como establece las especificaciones de esta plataforma. Concluyendo que si existiese un esquema similar al caso B sería más factible para la implementación de una compartición de Infraestructura activa entre varios operadores para ofrecer servicios de telecomunicaciones.

El caso B sería una buena opción para la posición del CCAP, esto también obliga a establecer cuáles son las posibles limitaciones del equipo para poder desplegar este diseño considerando las especificaciones de la arquitectura CCAP que se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30 Limitaciones del equipo CCAP

INTERFAZ CCAP	CAPACIDAD POR PUERTO	NUMERO DE PUERTOS	OBSERVACION
NSI	80Gbps 160Gbps	2	Limita el número de operadores que se conectan a esta plataforma
NNI	10 GbE	-	Depende de los módulos del Sistemas DPoG que tenga la plataforma

La velocidad de transmisión ascendente y descendente se encuentra establecida por la plataforma tecnológica de las redes de acceso que pretende converger al CCAP. En la Tabla 31 podemos apreciar que una tecnología de las redes de acceso implementada en la ciudad de Guayaquil no presenta interoperabilidad debido a las versiones de DOCSIS, como se revisó en los capítulos anteriores DOCSIS 3.0 presenta la unión de canales justificándose con el aumento de la velocidad de transmisión debido a las

aplicaciones sobre el protocolo internet además incluye IPV6, permitiendo decir que los servicios ofrecidos actualmente están en función de la velocidad de transmisión de esta forma existirá limitaciones de la plataforma CCAP frente a la situación actual tal como se muestra en la Tabla 32. Según las especificaciones DPoG v1.0 en la plataforma CCAP con DOCSIS 3.0 solo está disponible los servicios de internet de alta velocidad HSI para la interoperabilidad con las redes GPON.

Tabla 31 Comparación entre plataformas tecnológicas

SITUACION ACTUAL CCAP DOCSIS 3.0	HFC DOCSIS 2.0	HFC DOCSIS 3.0	GPON
Plataforma tecnológica	X	Soporta	Aplicación del Sistema DPoG

Tabla 32 Comparación entre Servicios

SITUACION ACTUAL CCAP DOCSIS 3.0	HFC DOCSIS 2.0	HFC DOCSIS 3.0	GPON
Servicios	No soporta servicios que requieren mayor velocidad de transmisión	Soporta	No ofrece todos los servicios de GPON

CAPÍTULO 5

5. ASPECTO LEGAL Y ECONÓMICO DE LA COMPARTICIÓN ACTIVA Y PASIVA DE LA RED.

5.1 Normas legales de la compartición activa y pasiva de la red.-

En esta sección se realiza una investigación acerca de las normas legales que pueden ser consideradas para el aspecto legal.

El acceso a la banda ancha es un factor importante para el desarrollo de un país por lo cual debe considerarse de importancia la infraestructura de TIC de tal manera que se establezca políticas para analizar las consecuencias y oportunidades del acceso al ancho de banda [68]. Se debe mencionar que una de las estrategias del Plan Nacional de Banda Ancha del Ecuador es

diseñar políticas orientadas a establecer una sólida competencia en el mercado y obligatoriedad en la compartición de la infraestructura física de las redes de telecomunicaciones [69]; de ésta manera se puede relacionar con el modelo de acceso abierto de la UIT que hace énfasis a un mercado digital en la cual todos los proveedores tienen acceso a estas instalaciones de manera justa y equitativa .

Es adecuado mencionar que deban cumplir normas legales para un acceso compartido basado en transparencia, no discriminación, requisitos de acceso como la desagregación; la coubicación; controles de precios y contabilización de costos [68].

Para este estudio se considera un grupo de operadores de la ciudad de Guayaquil, pretendiendo analizar el aspecto legal de la construcción y compartición de la infraestructura de las redes de telecomunicaciones debido a la importancia que tienen las mismas para el desarrollo de acceso al ancho de banda. En la Figura 5.1 muestra los siguientes pasos propuestos para el análisis desde el punto legal.

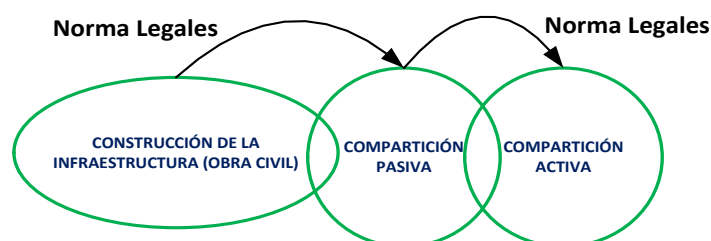


Figura 5.1 Pasos para el análisis legal de la compartición de la Infraestructura

5.1.1 Normas legales para la construcción de la infraestructura de la red en la Ciudad de Guayaquil.-

Antes de la aprobación de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, mediante la Figura 5.2 se explica brevemente el aspecto legal que realizaron las operadoras en la ciudad de Guayaquil para la construcción de la obra civil ejecutándose el ordenamiento y soterramiento de redes, esto permite analizar de forma general y extenderlo con más detalle para el presente estudio considerando las distintas operadoras y lo dispuesto en la política que emite el Ministerio Rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, conforme a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT).

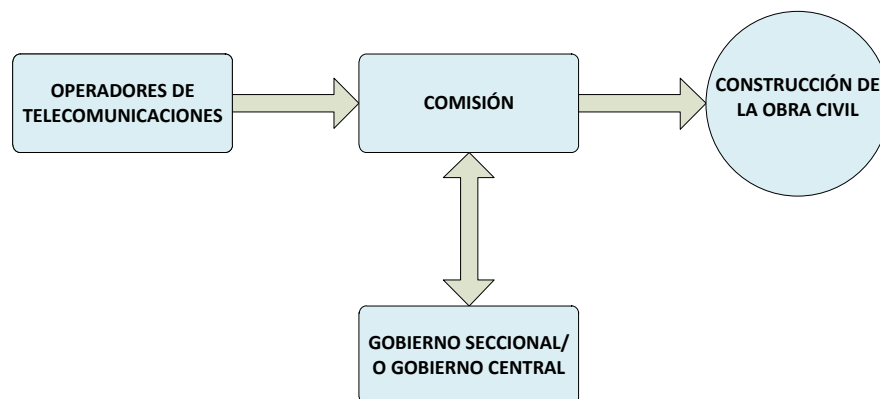


Figura 5.2 Diagrama Básico de la construcción de obra civil de las redes de Telecomunicaciones en la ciudad de Guayaquil

Para este estudio la Comisión estaría formada por diferentes operadoras involucrando una empresa pública y otras privadas las mismas que

interactúan con otras entidades, a continuación se describe los artículos de la LOT que podrían intervenir para la realización de la construcción física de las redes de telecomunicaciones.

En el artículo 9 de la LOT se refiere que uno de los aspectos claves corresponde al Gobierno Seccional o Gobierno Central que contribuye con la realización de las obras necesarias para que las redes de telecomunicaciones sean desplegadas de manera ordenada y soterrada bajo las normativas técnicas emitidas por ARCOTEL [70].

En el artículo 11 establece que ARCOTEL y MINTEL en sus respectivas competencias deben establecer políticas y normas adecuadas para el despliegue de la infraestructura de telecomunicaciones, para el caso de soterramiento MINTEL fijara una tasa establecida por el uso de la infraestructura. Además según el artículo 104 deberá existir una coordinación entre los gobiernos autónomos descentralizados y ARCOTEL para la ejecución del despliegue de las redes de telecomunicaciones basado en un ordenamiento y soterramientos de cables, así brindar un mejor servicio protegiendo el patrimonio natural y cultural [70].

El Artículo 106 Compartición de Infraestructura de la LOT que dice:

- *“Las y los interesados podrán negociar y acordar las condiciones técnicas, económicas y legales para el uso de infraestructura física, mediante la suscripción de un convenio de uso compartido de*

infraestructura física o de constitución de la servidumbre, de conformidad con las normas que resulten aplicables.”

- *“Para su perfeccionamiento y entrada en vigencia, los convenios de uso compartido de infraestructura física o de constitución de la servidumbre deberán ser aprobados por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones e inscritos en el Registro Público de Telecomunicaciones.”*

Después de haber revisado la LOT se puede describir mediante la Figura 5.3, las entidades que están encargadas de manera legal para la posible construcción de la obra civil para las redes de telecomunicaciones y la compartición de la misma por los diferentes operadores.

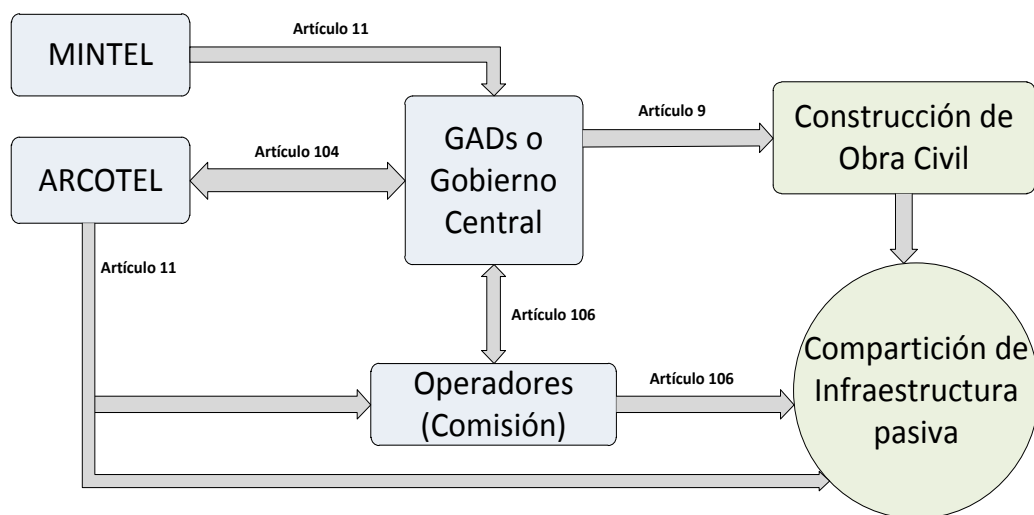


Figura 5.3 Diagrama Básico del aspecto Legal para la construcción y compartición de la infraestructura de Telecomunicaciones

5.1.2 Normas legales para la compartición pasiva de la red en la Ciudad de Guayaquil.-

Después de un análisis de la entidad encargada para la construcción de la obra civil esto permite analizar las normas legales para la compartición de la infraestructura por lo cual se debe considerar que en el 2014 se estableció la Resolución TEL-517-17-CONATEL-2014 cuyo nombre es “REGLAMENTO SOBRE EL ACCESO Y USO COMPARTIDO DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA NECESARIA PARA FOMENTAR LA SANA Y LEAL COMPETENCIA EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES, VALOR AGREGADO Y SISTEMAS DE AUDIO Y VIDEO Y SIMILARES” el mismo que fue elaborado considerando en efecto la Resolución TEL-444-20-CONATEL-2013 de 29 de agosto de 2013 [71], que establece lo siguiente mediante el artículo 2 que dice:

“Declarar como Infraestructura Física de Compartición Obligatoria la infraestructura utilizada para el soterramiento de las redes de telecomunicaciones, audio y video por suscripción y similares, tales como ductos, cámaras de revisión cajas de mano, cuartos de comunicaciones, gabinetes, acometidas y demás elementos necesarios para el soterramiento de dichas redes, serán elementos de compartición obligatoria por parte de los propietarios de las redes de telecomunicaciones, audio y video por suscripción y similares.”

“Derecho de acceso y uso compartido. Todo operador de red con título habilitante para prestar un servicio de telecomunicaciones, valor agregado de acceso a Internet, un servicio de audio y video por suscripción y similares, tiene derecho al acceso y uso compartido de infraestructura Física, el cual será obligatorio cuando por motivos establecidos en este Reglamento no se puedan realizar las construcciones o instalación de Infraestructura Física, siempre que sea debidamente demostrada o dicha instalación haya sido declarada como Infraestructura Física de Compartición Obligatoria, de conformidad con lo establecido en este Reglamento.”

Considerando en [71], la Resolución TEL-517-17-CONATEL-2014 el mismo que hace referencia a lo siguiente:

Artículo 5, definiciones:

- *“Acuerdo para acceso y uso compartido. Convenio entre las Partes, que permite el acceso y uso compartido de infraestructuras físicas para la prestación de servicios de telecomunicaciones, valor agregado de acceso a Internet o un servicio de audio y video por suscripción, y similares, de conformidad con lo dispuesto en el presente reglamento.”*
- *“Infraestructura física para la prestación de servicios de telecomunicaciones, valor agregado de acceso a Internet o un servicio de audio y video por suscripción, y similares (infraestructura física). Se considerará como infraestructura física toda construcción física u obra*

civil que permita la instalación de equipos y elementos necesarios para la prestación de servicios de telecomunicaciones, valor agregado de acceso a Internet o un servicio de audio y video por suscripción y similares.”

- *“Propietario de infraestructura física. Persona jurídica o natural que es propietaria de infraestructura física necesaria para la prestación de servicios de telecomunicaciones, valor agregado de acceso a Internet o un servicio de audio y video por suscripción, y similares.”*
- *“Solicitante de acceso y uso compartido. Operador de servicios de telecomunicaciones, valor agregado de acceso a Internet o un servicio de audio y video por suscripción, y similares que requiere el acceso y uso compartido de infraestructura física para brindar servicios de telecomunicaciones, valor agregado de acceso a Internet o un servicio de audio y video por suscripción, y similares, correspondientemente con su título habilitante.”*

Artículo 4, dice:

“Ámbito de aplicación. Las infraestructuras físicas necesarias para la prestación de servicios de telecomunicaciones, valor agregado de acceso a Internet o servicios de audio y video por suscripción y similares, deberán ser compartidas, permitiéndose el acceso a las mismas de conformidad con el presente reglamento. El acceso y uso compartido no será obligatorio cuando

existan circunstancias técnicas debidamente demostradas, que impidan dicho acceso y uso, o, cuando suponga un riesgo real y objetivo para la Infraestructura Física. El acceso y uso compartido de la infraestructura física de las Fuerzas Armadas y la Policía Nacional, serán de responsabilidad de los Ministerios de Defensa Nacional y de Gobierno, según corresponda.”

Considerando la realización de la infraestructura de obra civil y además los artículos de la Resolución TEL-517-17-CONATEL-2014, esto permite proponer los siguientes aspectos fundamentales para una compartición de infraestructura física como la no discriminación, transparencia, limitaciones, operación y mantenimiento tal como se muestra en la Figura 5.4.



Figura 5.4 Aspectos Fundamentales para la compartición pasiva

La no discriminación es el primer aspecto fundamental ya que todos los operadores deben tener el acceso y uso de la compartición de la

infraestructura para que de esa manera no exista monopolio en el mercado de las telecomunicaciones.

Transparencia en los procesos de acceso y uso de la compartición de infraestructura de tal manera que se encuentre bien definidos las obligaciones emitidas por las entidades regulatorias y estas sean cumplidas por el propietario de la infraestructura y los operadores.

Limitaciones de la infraestructura es uno de los aspectos más importantes el mismo que debe estar en función de la evolución del mercado de las telecomunicaciones y las respectiva demanda que representa en un sector geográfico, sin embargo debe hacerse lo posible desde el aspecto legal y técnico para que no exista un monopolio y todos sean partícipes de una infraestructura abierta en todas partes.

Operación y mantenimiento es el último aspecto para llevar un acceso y uso de compartición física exitosa ya que el propietario de la infraestructura y los operadores deben cumplir obligaciones emitidas por la entidad regulatoria con el objetivo de no causar daños y brindar un adecuado servicio de telecomunicaciones.

En el análisis se hace lo posible adjuntar los respectivos artículos de la Resolución TEL-517-17-CONATEL-2014 para cada aspecto antes mencionado tal como se muestra a continuación:

NO DISCRIMINACIÓN

- Mediante el artículo 2 se establece el Derecho de acceso y uso compartido.
- El artículo 4 permite analizar técnicamente si es adecuado para realizar el acceso y uso compartido de la infraestructura física.
- El artículo 7 de manera general menciona que se debe justificar el acceso y uso compartido de la infraestructura física ya sea por ejemplo razones técnicas, económicas o legales que imposibilite la construcción de las mismas.

TRANSPARENCIA

- El artículo 9 dice: *“Los acuerdos de acceso y uso compartido que contendrán como mínimo los detalles y especificaciones de la infraestructura física que será compartida, y la descripción de los servicios que ofrezcan en las redes de telecomunicaciones y entre otros detalles.”*
- En el artículo 10 menciona que el operador interesado en compartir la infraestructura física debe presentar al propietario de esta una solicitud con la información que considere pertinente como por ejemplo la localidad de la infraestructura pasiva a compartirse y la descripción de equipos a usar en la infraestructura, además del

cronograma de implementación del acceso y uso de la infraestructura [71].

- El artículo 11 establece el período de negociación para el acceso y uso compartido el cual debe ser presentada a las respectivas entidades encargadas del sector de telecomunicaciones [71].
- El artículo 12 establece las causales de terminación del acuerdo de acceso y uso compartido.

LIMITACIONES

- En el artículo 6 dice: *“Las limitaciones para el acceso y uso compartido. Solo se establecerán limitaciones generales, para el acceso y uso compartido de infraestructuras físicas, por razones de dimensionamiento, sea actual o previsto en los planes de crecimiento, inviabilidad técnica o cuando el acceso y uso compartido suponga un riesgo real y objetivo para la infraestructura física o por razones relacionadas con la seguridad nacional.”*
- En el artículo 9 dice: *“Los acuerdos de acceso y uso compartido para lo cual en el numeral tres establece las condiciones que se debe incluir como el Período de duración del acuerdo del acceso y uso compartido.”*

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- En el artículo 7 dice: *“Condiciones para el acceso y uso compartido de infraestructura física. Todo operador de un servicio de telecomunicaciones, valor agregado de acceso a Internet o un servicio de audio y video por suscripción, y similares tendrá derecho a solicitar el acceso y uso compartido de infraestructuras físicas, para lo cual deberá cumplir las normas técnicas, de operación, administrativas, de seguridad y ambientales que se encuentren establecidas para el propietario de la infraestructura física.”* Además dentro del numeral tres dice: *“No causar daños en la Infraestructura Física a ser compartida, o que el uso realizado genere afectaciones en el servicio prestado por el operador dueño de la Infraestructura Física.”*

5.1.3 Normas legales para la compartición activa de la red en la Ciudad de Guayaquil.-

En el Ecuador no existen normas legales para la compartición activa de la red de tal manera que en el artículo 5 de la Resolución TEL-517-17-CONATEL-2014 cuyo nombre es “REGLAMENTO SOBRE EL ACCESO Y USO COMPARTIDO DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA NECESARIA PARA FOMENTAR LA SANA Y LEAL COMPETENCIA EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES, VALOR AGREGADO Y

SISTEMAS DE AUDIO Y VIDEO Y SIMILARES” [71], dice que : *“Para efectos de este reglamento, no se considerará infraestructura física sujeta a acceso y uso compartido a la red de acceso, la red de transporte, los elementos de conmutación, u otros elementos susceptibles de tráfico, así como tampoco elementos del headend, hubs, red troncal, red de distribución, red de suscriptor/ abonado y red de conectividad de sistemas de audio y video por suscripción.”.*

En los documentos de la UIT, menciona que el modelo de acceso abierto desde un punto de vista de las capas del modelo de referencia OSI tiene interés en las tres primeras capas las cuales están en función de la reglamentación del acceso abierto a la infraestructura, mientras que hablar de la capa de transporte es cuestión del tráfico de la red por lo cual es adecuado que surja una competencia efectiva en el mercado de las telecomunicaciones que esté basado en la neutralidad de la red sin necesidad de establecer demasiadas normas [68]. Por lo cual se propone que para la gestión del tráfico la compartición activa de la red está en función de los aspectos fundamentales como Neutralidad y Disponibilidad de ancho de banda para la compartición; esto permite brevemente hacer observaciones tal como se muestra en la siguiente Tabla 33.

Tabla 33 Ventajas y Desventajas de los Aspectos Fundamentales

Aspectos Fundamentales	Ventajas	Desventajas
Neutralidad	<p>*Todos los operadores son partícipes en el mercado de las telecomunicaciones donde un punto importante es el diseñar estrategias de marketing en un mismo sector.</p> <p>*Al no existir distorsiones en la competencia del mercado de telecomunicaciones esto permitiría que los operadores establezcan tarifas o precios equitativos y así favorecer el desarrollo del acceso universal.</p>	<p>*Limitaciones a los nuevos operadores que deseen ser partícipes de esta compartición, lo que motivara a la política de estado a realizar las respectivas investigaciones técnicas/académicas de una compartición activa en la red ya que la construcción de la obra civil es la más costosa.</p> <p>*No existe una norma regulatoria que permita motivar a los operadores hacia la compartición de infraestructura activa.</p>
Disponibilidad de ancho de banda	<p>*Establecer nuevos sectores geográficos y así finalmente se promueve el acceso universal a los servicios de telecomunicaciones.</p>	<p>*Podría existir limitaciones en el medio alámbrico por la tecnología a usar debido a que es compartido por varios operadores hacia un mismo usuario final.</p>

Dentro del modelo de acceso abierto tomando como referencia el modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) tal como se muestra en Figura 5.5 en estos niveles del 5 al 7 no se sugiere una necesidad de reglamentación más bien se recomienda que las normas deben estar centrado en la influencia de la demanda, protección de los intereses públicos y evitar el monopolio del mercado [68].

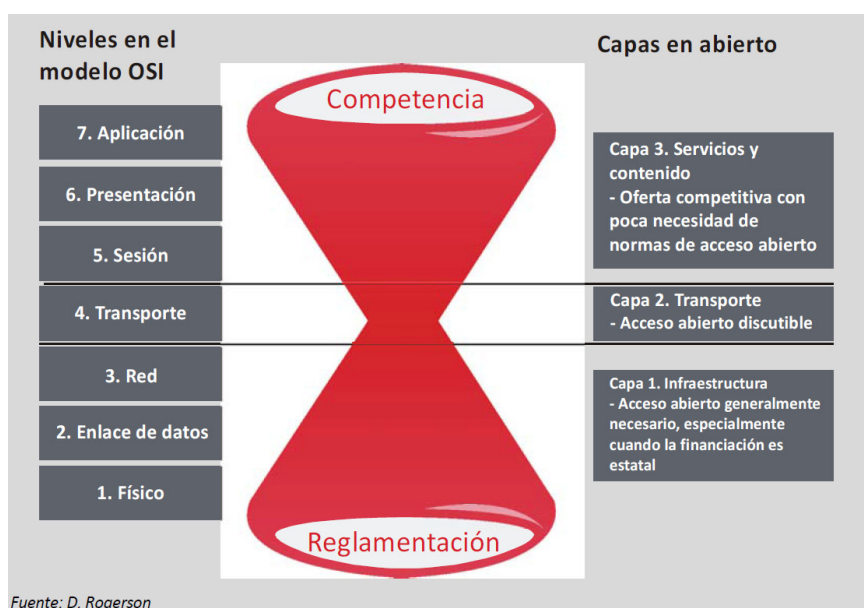


Figura 5.5 Acceso abierto y modelo OSI [68]

Después de revisar las resolución de la compartición de infraestructura para los servicios de telecomunicaciones en el estado ecuatoriano y además lo

que menciona la UIT en el modelo de acceso abierto, esto permitió definir los aspectos fundamentales para una compartición de infraestructura activa por lo cual existiría la posibilidad de hacer valido el estudio, ya que los aspectos fundamentales de finidos en la Tabla 33 se inclina hacia:

Artículo 3 de LOT dice: *“Promover y fomentar la convergencia de redes, servicios y equipos.”*

Artículo 12 de la LOT dice *“La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones emitirá reglamentos y normas que permitan la prestación de diversos servicios sobre una misma red e impulsen de manera efectiva la convergencia de servicios y favorezcan el desarrollo tecnológico del país, bajo el principio de neutralidad tecnológica.”*

Artículo 88 de la LOT numeral dos, dice: *“Promover el acceso universal a los servicios de telecomunicaciones; en especial, en zonas urbano marginales o rurales, a fin de asegurar una adecuada cobertura de los servicios en beneficio de las y los ciudadanos ecuatorianos.”*

Artículo 89 de la LOT, dice: *“El Servicio Universal constituye la obligación de extender un conjunto definido de servicios de telecomunicaciones, a todos los habitantes del territorio nacional, con condiciones mínimas de accesibilidad, calidad y a precios equitativos, con independencia de las condiciones económicas, sociales o la ubicación geográfica de la población.”*

Artículo 90 de la LOT, dice : *“En el Plan de Servicio Universal, que será elaborado y aprobado por el Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, se hará constar los servicios que conforman el servicio universal y las áreas geográficas para su prestación. Se dará atención prioritaria a las áreas geográficas de menos ingresos y con menor cobertura de servicios en el territorio nacional. El Plan de Servicio Universal deberá enmarcarse dentro de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo y armonizarse con este instrumento.”*

Artículo 91 de la LOT, dice: *“Los proyectos y programas para la ejecución del Plan de Servicio Universal podrán ser ejecutados directamente por empresas públicas o contratados con empresas mixtas, privadas o de la economía popular y solidaria que cuenten con los respectivos títulos habilitantes, sobre la base de los parámetros de selección que determine el Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información y con sujeción a la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública.”*

Finalmente después de la revisión de los artículos de la LOT que pueden ser la base para el estudio de una compartición de infraestructura activa, ahora el enfoque del análisis consiste si el usuario final tiene las normas legales para la opción de escoger el tipo de servicio que está en función de distintos operadores en un mismo medio alámbrico, por lo cual el artículo 21 de la LOT establece las definiciones que dice:

“Usuario es toda persona natural o jurídica consumidora de servicios de telecomunicaciones. El usuario que haya suscrito un contrato de adhesión con el prestador de servicios de telecomunicaciones, se denomina abonado o suscriptor y el usuario que haya negociado las cláusulas con el Prestador se denomina cliente.”

En la LOT artículo 22 dice: *“Que los abonados, clientes y usuarios de servicios de telecomunicaciones tendrán derecho a escoger con libertad al prestador de servicio, el plan de servicio, así como la modalidad de contratación y el equipo terminal.”*

5.2 Análisis de normas legales para la compartición activa y pasiva de la red en la Ciudad de Guayaquil.-

En la UIT, la compartición de infraestructura activa y pasiva dentro de las normas regulatorias puede ser adoptada de maneras individuales o ambas [4] . A partir de las estadísticas de la UIT 2014 se aprecia que la compartición de infraestructura pasiva ya se realiza en varias partes del mundo a través de un mandato por política de cada país tal como se muestra en la Figura 5.6 [72]. La compartición de infraestructura activa y pasiva por lo general es más común en la telefonía móvil el mismo que puede adoptar diferentes configuraciones un ejemplo es en Suecia que comparten los niveles de

infraestructura activa y pasiva, donde el único requisito es que el operador debe tener el 30 % de la población con su propia infraestructura [73].

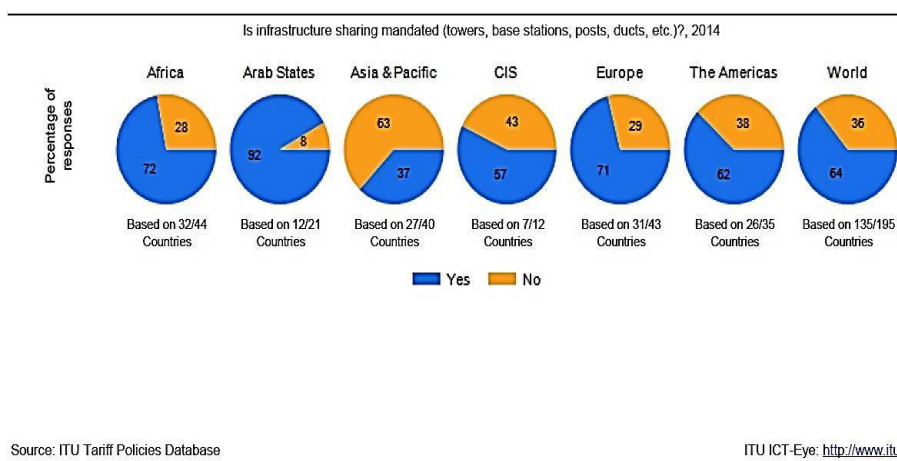


Figura 5.6 Compártición de Infraestructura pasiva en el mundo [72]

Después de realizar un breve análisis de la compartición de infraestructura pasiva y activa de acuerdo a la Ley Orgánica de las Telecomunicaciones y la regulación de compartición de infraestructura, además de lo que manifiesta la UIT; esto permite proponer un esquema general, donde se empieza con una compartición pasiva la misma que es posible de acuerdo a los aspectos fundamentales y finalmente para tener una convergencia de servicios en la red de acceso esto debe estar en función de la neutralidad y disponibilidad de ancho de banda tal como se muestra en la Figura 5.7.

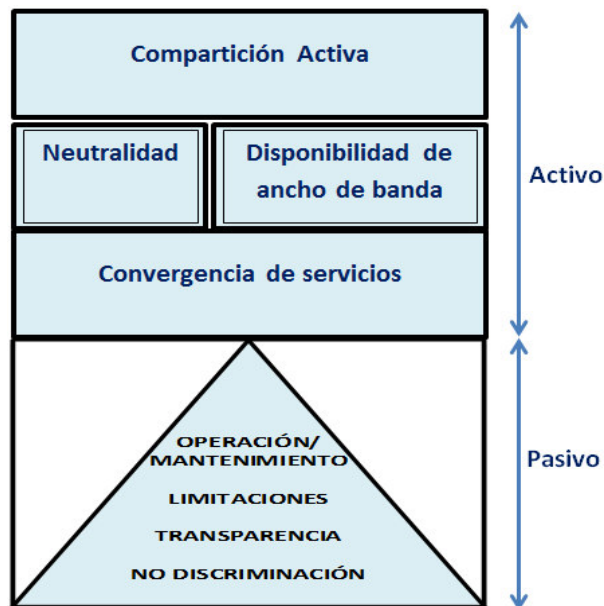


Figura 5.7 Aspectos Generales para la compartición activa y pasiva de las redes de Telecomunicaciones

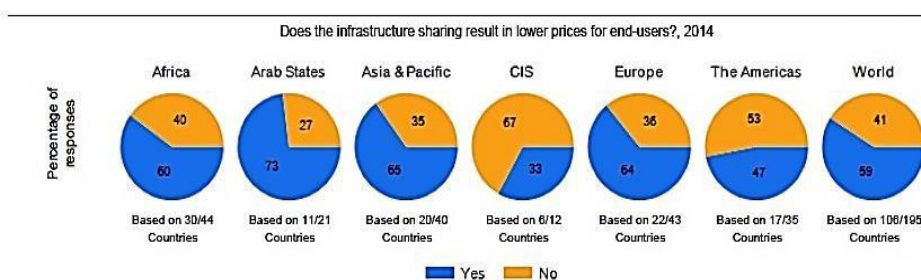
5.3 Aspecto Económico de la compartición activa y pasiva de la red.-

En esta sección se realiza una investigación de las variables que se puede considerar para el análisis del aspecto económico de la compartición activa y pasiva de la red.

En el aspecto económico para la compartición de infraestructura activa y pasiva de la red requiere de un análisis profundo principalmente la de mayor costo como es la construcción de obra civil y luego el costo de infraestructura activa involucrada directamente por los operadores, por lo general los operadores dividen sus sectores en mercados en desarrollo y mercados desarrollados, con respecto al primero buscan opciones económicas para la

cobertura y crecimiento de tal manera que están dispuestos a compartir las infraestructuras pasivas, mientras que en el mercado desarrollado buscan optimizaciones de costes y nuevas opciones de tecnología, a través de oportunidades de intercambio de infraestructura activa con el objetivo de optimizar transmisión de acceso [73].

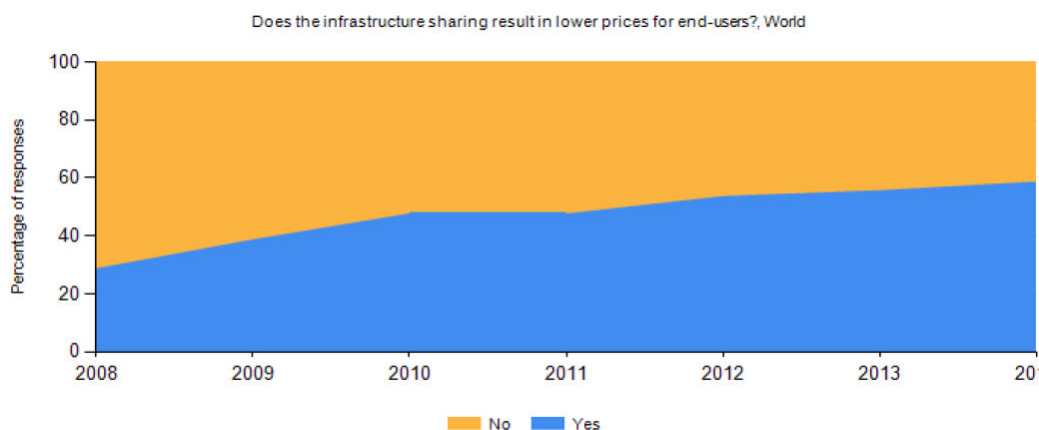
La compartición de infraestructura activa y pasiva desde un enfoque económico involucra varios escenarios haciendo que este sea un interesante modelo de negocio que puede ser analizado con mayor profundidad específicamente en el ambiente de la dinámica de la economía digital en el Ecuador, además la UIT en las estadísticas del 2014 manifiesta que existe un beneficio en costo hacia el usuario final tal como se aprecia en la Figura 5.8. En la Figura 5.9 se muestra el crecimiento del concepto de compartir infraestructura para que los usuarios finales tengan un bajo costo para acceder al ancho de banda.



Source: ITU Tariff Policies Database

ITU ICT-Eye: <http://www.itu.it>

Figura 5.8 Compartir la infraestructura es beneficio en costo para el usuario [72]



Source: ITU Tariff Policies Database

ITU ICT-Eye: <http://www.itu.i>

Figura 5.9 Evolución del concepto en compartir infraestructura de telecomunicaciones [72]

Las industrias de la TIC y la infraestructura de telecomunicaciones son fundamentales para la economía digital la cual se está desarrollando en las aplicaciones y servicios del internet. Además es recomendable mencionar que en los documentos de la UIT [68], menciona:

- Actualmente la economía digital depende de una infraestructura de red que por lo general es un marco monopolista de tal manera que no es el camino correcto hacia el acceso abierto.
- El acceso abierto es esencial cuando las redes nacionales de banda ancha son financiados con fondos públicos o cuando existen obstáculos económicos que impiden una oferta abierta a la competencia.

De alguna u otra forma la infraestructura de obra civil en un marco no monopolista es un pilar fundamental para el aspecto económico y así una reducción de la brecha digital, por lo cual CEPAL se refiere que la economía digital consta de tres componentes principales que, según su grado desarrollo y de complementación, determinan su nivel de madurez en cada país [74]. Estos componentes son la infraestructura de redes de banda ancha, la industria de aplicaciones TIC y los usuarios finales, tal como se muestra en la Figura 5.10

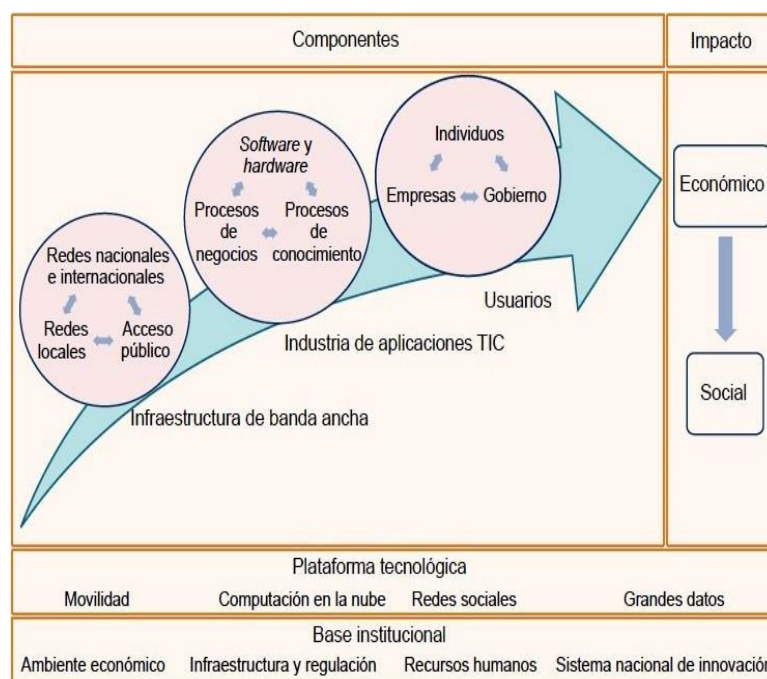


Figura 5.10 Componentes Principales de la economía digital [74]

Considerando para el estudio las componentes de la economía digital se procede analizar cada uno desde la situación del país, en el caso de infraestructuras de redes de banda ancha se puede decir que la LOT en la política ecuatoriana está orientada hacia una inversión pública de soterramiento de ductos de cables de telecomunicaciones con la finalidad que también sea compartida.

La siguiente componente involucra la industria el cual debe generar servicios y aplicaciones TIC para los usuarios, esto corresponde a nivel de hardware y software que permiten la gestión de infraestructura de redes, esto incluye la industria de la electrónica y ensamblaje de los equipos, sin olvidar que las aplicaciones de las TIC también involucra los procesos de negocios, y finalmente el proceso del conocimiento que resalta el aspecto académico e investigativo con la finalidad de realizar avances en el desarrollo tecnológico [74]. En el estudio, esta componente se podría asociar con la política del gobierno ecuatoriano en la Transformación de la Matriz Productiva donde los sectores estratégicos de bienes y servicios también incluyen a la industria estratégica de Tecnología (software, hardware y servicios informáticos). Además se debe mencionar que en el documento de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo acerca de la Transformación de la Matriz Productiva [75] manifiesta que:

- *“Los sectores priorizados así como las industrias estratégicas serán los que faciliten la articulación efectiva de la política pública y la materialización de esta transformación, pues permitirán el establecimiento de objetivos y metas específicas observables en cada una de las industrias que se intenta desarrollar. De esta manera el Gobierno Nacional evita la dispersión y favorece la concentración de sus esfuerzos.”*
- *“La formación de capital humano y una educación de excelencia también necesitaban de un marco jurídico adecuado. La expedición de la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES) que impulsa la transformación del sistema de educación superior es fundamental para la transformación productiva.”*

El tercer componente corresponde al usuario final el cual involucra empresas gobierno e individuo, es decir si las empresas mejoran la eficiencia de procesos productivos existirá una mejor demanda en los servicios y aplicaciones digitales por lo cual el gobierno se proyectará a la eficiencia y transparencia de proveer servicios públicos y así aumentar el acceso universal.

Después de un análisis general se puede afirmar que el aspecto económico de la compartición de infraestructura activa y pasiva corresponde a un modelo de negocio que estaría orientado a la dinámica de la economía

digital el mismo que genera impactos en el ámbito económico y social tal como se muestra una breve descripción en la Figura 5.11.

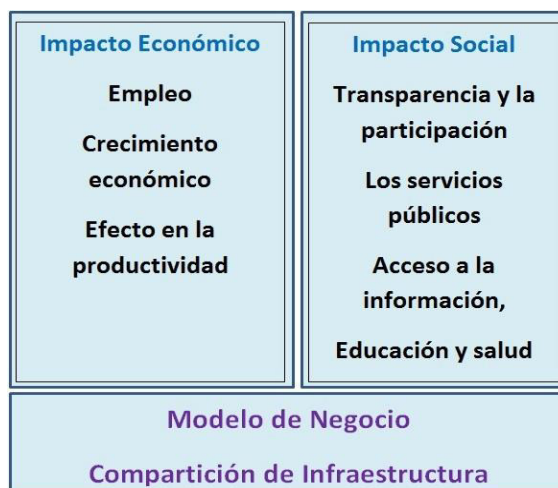


Figura 5.11 Impactos del modelo de negocio

La compartición de infraestructura puede ser caracterizado en cuatro principales dimensiones el principal es el modelo de negocio que involucra a las partes restantes como se muestra en la Figura 5.12, por lo cual brevemente se menciona que el modelo geográfico describe las huellas de cada operador, el modelo tecnológico permite describir el enfoque técnico utilizado para realizar la compartición y el modelo de proceso es la determinación de los servicios a ser compartido [73], esto permite extender más el ambiente investigativo en el aspecto económico de esta propuesta de estudio, por lo cual para este documento solo se considera la ciudad de Guayaquil el aspecto económico entre el usuario final y el punto de convergencia de tráfico por los diferentes operadores por supuesto se debe

mencionar que el costo de infraestructura de obra civil para el soterramiento se asume que se debería cancelar una tasa según lo estipulado por LOT.

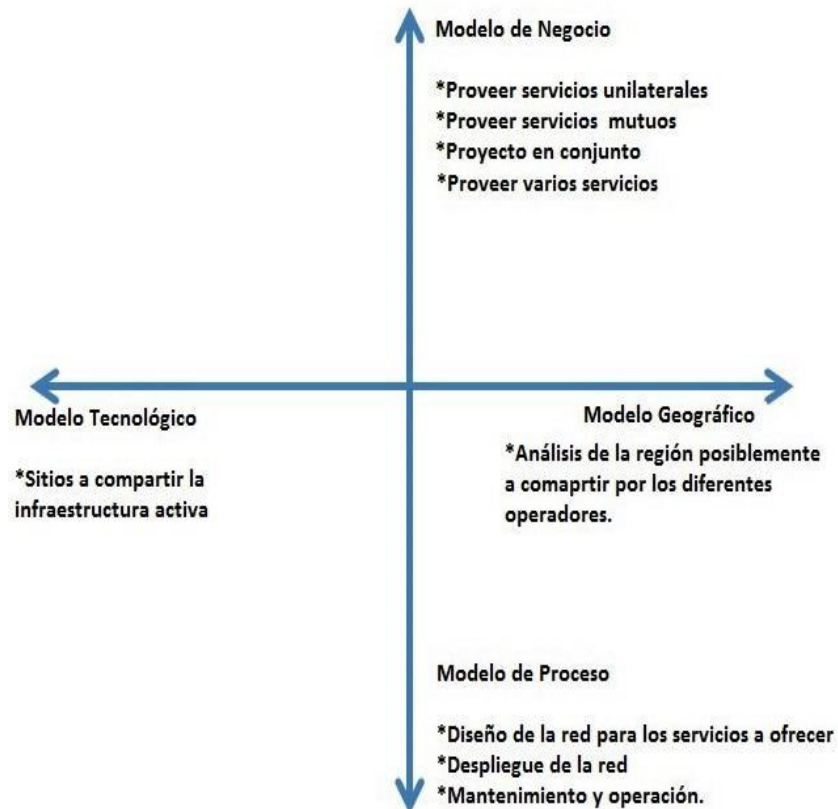


Figura 5.12 Dinámica de la Compartición de la Infraestructura

Se propone un esquema general que involucra el aspecto legal y económico para la compartición de la infraestructura pasiva y activa tal como se aprecia en la Figura 5.13 de tal manera que permite definir las posibles variables que se debe considerar en el aspecto económico.

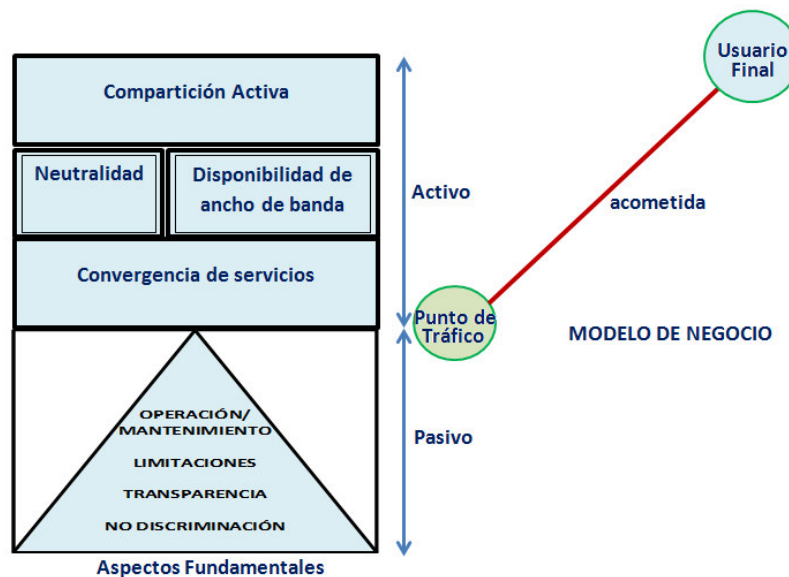


Figura 5.13 Aspecto legal y económico para la dinámica de la compartición de la Infraestructura

El Punto de tráfico manejaría los recursos de ancho de banda del usuario, por lo cual esto corresponde a un centro de gestión de redes a través de las diferentes acometidas, esto permite dar eficiencia del uso de ancho de banda. El siguiente análisis corresponde al costo de la acometida que es el medio físico compartido entre diferentes operadores siempre y cuando se encuentre activo el servicio ofrecido por una operadora no propietaria de la acometida, el proceso es complejo para determinar si existe tasas mínimas o no; porque si hay tasas es algo equivalente al alquiler de un canal virtual, más bien debe existir un compromiso entre operadoras que el medio físico debe tener las condiciones adecuadas y rutas de respaldo para cualquier

falla, de tal manera que la operadora ofrezca sus servicios manteniendo la calidad. Vale mencionar que el costo de la obra civil es cancelado mediante tasas a la entidad del gobierno. Por lo cual esto permite realizar la Tabla 34 que indica las posibles variables de costos incluyendo quienes serían encargados de acuerdo a los aspectos fundamentales para cada compartición de infraestructura.

Tabla 34 Variables que intervienen en el modelo de negocio

INTEGRAN	VARIABLES DE COSTOS	ENCARGADO
Diferentes Operadores	Gestión de Redes	Agente Externo
Acometida	Medio alámbrico	Compromiso de Operadores
Operación y Mantenimiento	Revisión de la línea de acometida	Agente Externo

CONCLUSIONES

- 1) Se realizó un levantamiento de información en la ciudad de Guayaquil permitiendo comprobar que las políticas para el ordenamiento y soterramientos de cables de telecomunicaciones incentivan a los operadores la compartición de la infraestructura pasiva, un ejemplo de aquello es el Fideicomiso mencionado en la sección 3.2.
- 2) La información obtenida de un grupo de operadores, permitió comprobar que las dos redes de acceso más desplegado es HFC y GPON-FTTH. Mientras que la red de transporte corresponde a la tecnología SDH.
- 3) Se verifico que en una zona de tráfico se tiene al menos dos tecnologías de acceso diferente, de tal manera que para un diseño de compartición activa se debe conocer la distribución física de la infraestructura civil construida para la red, tanto para la red de distribución como para la de acometidas a los predios, ya que son necesarios para el despliegue total de la red.
- 4) Se comprobó que las tecnologías de las redes de acceso dominantes en el país corresponde HFC y GPON-FTTH que involucran distintos medios físicos para la acometida y diferentes protocolos de

comunicación, de tal manera que se propone el uso de la plataforma CCAP para la compartición activa de la red usando el protocolo DOCSIS porque esta plataforma incluye a las dos tecnologías.

- 5) Se comprobó que una compartición activa en la red de acceso involucra diferentes tecnologías la cual no puede ser representado como una sola acometida al usuario, más bien se propone que las redes de acceso dominantes en el país converjan en una plataforma CCAP de tal forma que se respete cada acometida de los operadores.
- 6) Se comprobó que el uso de la plataforma CCAP para las redes de acceso en la ciudad de Guayaquil no es compatible para las operadoras que usen HFC con DOCSIS 2.0, lo que conlleva solo a realizarse con operadores que usen DOCSIS 3.0 y GPON-FTTH.
- 7) Durante las investigaciones acerca de la plataforma CCAP se verifico que la velocidad de transmisión ofrecida al usuario depende de la tecnología de acceso implementada, sin embargo, estas velocidades de transmisión son superiores a los planes comerciales existentes.
- 8) Se comprobó que la plataforma CCAP a través de las redes GPON-FTTH ofrece solo el servicio de internet de alta velocidad, de tal manera es una limitante para los servicios ofrecidos por múltiples operadores, porque deben convertirse a servicios sobre IP.
- 9) Se comprobó que en el país la compartición pasiva entre operadores se está realizando, pero aún no existen planes legales para una

compartición activa. Sin embargo según las investigaciones realizadas esto más bien corresponde a un mutuo acuerdo en la convergencia de servicios basados en neutralidad y disponibilidad de ancho de banda.

10) Se comprobó que el aspecto económico está en función de las políticas de regulación como base fundamental para la compartición pasiva, de tal manera que sea motivación para llegar a un modelo de negocio que también involucre la compartición activa tal como se propuso en la Figura 5.13.

11) Se verificó que desde el aspecto económico la dinámica de la compartición de infraestructura, depende de algunas variables que son complejas en su análisis como el sector geográfico, tecnología a emplear, y el diseño de la red todo esto en función del modelo de negocio que se quiera establecer, generando un impacto social y económico.

12) Compartir infraestructura activa y pasiva de las redes de telecomunicaciones, implica que no existe un operador dominante, y su análisis es muy interesante para el ambiente de la economía digital que involucra infraestructura, industria de las TIC y usuarios, por lo cual se propone que el estudio económico de la compartición activa debe ser realizado con mayor profundidad en el área de Dinámica de Sistemas de Telecomunicaciones.

RECOMENDACIONES

- 1) Es recomendable que los operadores faciliten información necesaria para temas de investigación como el presente documento que en el futuro pueden ser implementados o desarrollados con mayor énfasis.
- 2) Se recomienda desarrollar mayor investigación acerca de las mejoras que se puede realizar en la plataforma CCAP o en otros, debido que el mercado de las telecomunicaciones se dirige hacia una compartición pasiva y activa.
- 3) Las Entidad encargada de la norma regulatoria de telecomunicaciones debe establecer las políticas adecuadas para la construcción y compartición pasiva de las redes de telecomunicaciones y así evitar un monopolio.
- 4) Es recomendable que los investigadores del área de Dinámica de Sistemas de Telecomunicaciones realicen un análisis más profundo de la economía digital basado en el nuevo modelo de negocio que involucre compartición activa y pasiva de las redes de telecomunicaciones.

ANEXOS

ESTANDARES CONSULTADOS

ITU-T G.984.1

Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics

ITU-T G.984.2

Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification

ITU-T G.984.3

Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Transmission convergence layer specification

ITU-T J.210

Downstream RF interface for cable modem termination systems

ITU-T J.212

Downstream external Physical layer interface for modular cable modem termination systems

ITU-T L.47

Dispositivos de acceso que utilizan redes híbridas de fibra óptica/cobre

ESPECIFICACIONES TECNICAS CONSULTADAS

CM-SP-PHYv3.0-I08-090121

Physical Layer Specification –CM

CM-SP-PHYv3.1-I02-140320

Physical Layer Specification –CM

CM-TR-CCAP-V03-120511

Converged Cable Access Platform Architecture Technical Report

DPoE-SP-IPNEv1.0-I06-130808

DPoE IP Network Element Requirements

DPoG-SP-ARCHv1.0-I01-141001

DPoG Architecture Specification

DPoG-SP-MULPIv1.0-I01-141001

DPoG MAC and Upper Layer Protocols Interface Specification

NORMAS LEGALES CONSULTADAS

Ley Orgánica de Telecomunicaciones. Vigencia 18 de febrero 2015

RESOLUCIÓN TEL-517-17-CONATEL-2014

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MINTEL. (2014, Abril 24). Desde hoy, el Mintel intensifica Plan de soterramiento en el país [En línea]. Disponible en: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/desde-hoy-el-mintel-intensifica-plan-de-soterramiento-en-el-pais/>
- [2] MINTEL. (2014,Marzo 15).CONATEL define como prioritario soterramiento de cables [En línea]. Disponible en: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/conatel-define-como-prioritario-soterramiento-de-cables/>
- [3] CONATEL. (2014,Julio 2).CONATEL adopta Medidas Regulatorias para impulsar el despliegue ordenado de Infraestructura de Telecomunicaciones [En línea]. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/conatel-adopta-medidas-regulatorias-para-impulsar-el-despliegue-ordenado-de-infraestructura-de-telecomunicaciones/>
- [4] UIT. (2008).Importancia de las redes troncales nacionales de fibra óptica[En línea]. Disponible en: <http://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=es&year=2008&issue=02&ipage=sharingInfrastructure-importance&ext=html>

- [5] UIT. (2008,Noviembre).Tendencias de las Reformas de Telecomunicaciones 2008 [En línea]. Disponible en: https://www.itu.int/ITU-D/treg/publications/Trends08_summary-S.pdf
- [6] ARCOTEL. (2014,Agosto).Información Técnica [En línea]. Disponible en: <http://controlenlinea.supertel.gob.ec/wps/portal/informacion/informaciontecnica/audiovideo>
- [7] M. Andrews y L. Zhang, "The Access Network Design Problem," *Foundations of Computer Science, Proceedings.39th Annual Symposium on 1998*, Palo Alto, 1998,pp 40-49.
- [8] UIT. (2000,marzo).Arquitectura funcional genérica de las redes de transporte [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.805-200003-I/es>
- [9] J. . P. Ribeiro Pereira, "A Cost Model for Broadband Access Networks: FTTx versus WiMAX," *Access Networks & Workshops Second International Conference on 2007*, Ottawa, 2007,pp. 1-8.
- [10] UIT. (1996,Noviembre 12). Recomendación marco sobre redes de acceso funcional-Arquitectura y funciones, tipos de accesos,gestión y aspectos del nodo de servicio[En línea]. Disponible: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.902-199511-I/es>

- [11] A. Begen, "Error Control for IPTV over xDSL Networks," *Consumer Communications and Networking Conference 2008.5th IEEE* , Las Vegas, 2008, pp. 632-637.
- [12] UIT (2011,diciembre). Wireline broadband access networks and home networking [En línea]. Disponible en: <http://www.itu.int/pub/T-TUT-HOME-2011>
- [13] P. Shumate, "Fiber-to-the-Home: 1977–2007," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 26, n° 9, pp. 1093-1103, 2008.
- [14] K. Borzycki, "Development of FTTH-PON Technologies:Market Reality Check 2010-2014," *Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium (Networks) 2014 16th International* , Funchal, 2014, pp. 1-6.
- [15] A. Ehrhardt, F. Escher, L. Schürer, H.-M. Foisel, A. Templin, M. Adamy y C. Gerlach, "PON Measurements and Monitoring Solutions for FTTH Networks During Deployment and Operation," *Transparent Optical Networks (ICTON), 13th International Conference on 2011* ,Stockholm, 2011, pp. 1-6.
- [16] N. M. Din, N. A. Md Radzi, S. K. Sadon y M. H. Al-Mansoori, "Approaches in Dynamic Bandwidth Allocation in Passive Optical Network Systems," *Photonics (ICP) IEEE 4th International Conference*

on 2013 , Melaka, 2013, pp. 10-14.

- [17] K. C. Reichmann y P. P. Iannone, "Wavelength-Enhanced Passive Optical Networks with Extended Reach," *Local & Metropolitan Area Networks, 2007. LANMAN 2007. 15th IEEE Workshop on*, Princeton, 2007, pp. 60-64.
- [18] E. Skaljo, . M. Hodzic y I. Bektas, "Migration from G(E)PON to NGPON," *Ultra Modern Telecommunications & Workshops, 2009. ICUMT '09. International Conference on* , St. Petersburg , 2009, pp. 1-4.
- [19] T. Majnarić, "Access Regulatory Remedies in Point-to-Multipoint Fiber Access Networks," *MIPRO 2012 Proceedings of the 35th International Convention* , Opatija , 2012, pp. 579-584.
- [20] N. P. Shah, D. D. Kouvatsos y . J. Mart, "On the Performance Modelling and Optimisation of DOCSIS HFC Networks," *Network Performance Engineering*, Berlin, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011, pp. 682-715.
- [21] B. Berscheid , E. Salt y H. H. Nguyen, "An Economical, ISI-Immune Frequency Offset Estimator for DOCSIS Upstream Channels," *Broadcasting, IEEE Transactions on*, vol. 58, nº 2, pp. 310-316, 2012.
- [22] B. Hamzeh, M. Toy, Y. Fu y J. Mar, "DOCSIS 3.1: scaling broadband

cable to Gigabit speeds," *Communications Magazine IEEE*, vol. 53, nº 3, pp. 108-103, 2015.

[23] UIT.(2006,Noviembre). J.212 : Interfaz externa de capa física en sentido descendente para sistemas modulares de terminación de módem de cable [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-J.212-200611-l/es>

[24] A. Martin, . R. Coomonte y C. Feijoo, "Which could be the role of Hybrid Fibre Coax in Next Generation Access Networks?," *Telecommunication Media and Internet Techno-Economics (CTTE) 10th Conference of, 2011,Berlin, Germany*, pp. 1-12

[25] ARCOTEL.(2015,Marzo). Boletín Estadístico del Sector de Telecomunicaciones [En línea]. Disponible en : http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/BOLETIN-No-4-AVS_RTV_TF__.pdf

[26] MINTEL.(2013,Julio 1). Ecuador crece cada día en el campo de las telecomunicaciones [En línea]. Disponible en : <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-crece-cada-dia-en-el-campo-de-las-telecomunicaciones/>

- [27] M. I. Municipalidad de Guayaquil.(2010,Enero 29).Regeneración Urbana [En línea]. Disponible en: <https://docs.google.com/folderview?id=0ByDpeMyxDkoJYWY1NzQ0YWItMmQ5YS00N2FjLWE4OWYtZmYxNzVkZjc0YzBh#list>
- [28] Presidente Fideicomiso Mercantil, Entrevista, Compartición de Infraestructura pasiva. [Entevista].25 Octubre 2015
- [29] S. Chatterjee y A. Dutta, "Telecommunications and Network Convergence: Theory and Practice," *System Sciences 2003 Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on* , Hawaii, 2003, pp. 149.
- [30] A. A. Avgousti, "Regulating Convergence in Europe," *Information and Communications Technology 2007. ICICT 2007. ITI 5th International Conference on*, Cairo, Egypt, 2007, pp. 325.
- [31] L. G. Martínez Ballesteros, "Towards a methodology to define Service Level Agreements in a convergent network scenario," *ANDESCON 2010 IEEE*, Bogota, 2010, pp. 1-3.
- [32] K.-i. Sato y S. Okamoto, "Photonic Transport Technologies to create robust backbone networks," *Communications Magazine IEEE*, vol. 37, nº 8, pp. 78-87, 1999.

- [33] L. M. Contreras, V. López, Ó. González y J. P. Fernández-Palacios, "Towards Cloud-Ready Transport Networks," *Optical Internet (COIN)*, 2012 10th International Conference on, Yokohama, Kanagawa, 2012, pp. 91-92.
- [34] J. M. Caballero.(2014, Noviembre 18).Migration to Next Generation SDH [En línea]. Disponible en: <http://documents.mx/documents/migration-to-next-generation-sdh.html>
- [35] UIT.(2001, Agosto 3). L.47 : Dispositivos de acceso que utilizan redes híbridas de fibra óptica/cobre [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.47-200010-l/es>
- [36] M. Droubi, N. Idirene y C. Chen, "Dynamic bandwidth allocation for the HFC DOCSIS MAC protocol," *Computer Communications and Networks 2000. Proceedings. Ninth International Conference on*, Las Vegas, 2000, pp. 54-60.
- [37] J. Wang y J. Speidel, "Packet Acquisition in Upstream Transmission of the DOCSIS Standard," *IEEE TRANSACTIONS ON BROADCASTING*, vol. 49, nº 1, pp. 26-31, 2003.
- [38] S. Dravida, D. Gupta, S. Nanda y K. Rege, "Broadband Access over Cable for Next-Generation Services: A Distributed Switch Architecture," *Communications Magazine IEEE*, vol. 40, nº 8, pp. 116-

124, 2002.

- [39] M. Toy y H. ElBakoury, "Business Metro Ethernet Services over DOCSIS® 3.1," *Consumer Communications and Networking Conference (CCNC) 2015 12th Annual IEEE*, Las Vegas, 2015, pp. 373-381.
- [40] M. Kar y G. White, "DOCSISTM 2.0 - The Next Revolution in Cable Modem Technology," *Consumer Electronics 2002. ICCE. 2002 Digest of Technical Papers. International Conference on*, Los Angeles, USA , 2002, pp 152-153.
- [41] D. Fellows y D. Jones, "DOCSIS cable modem technology," *Communications Magazine IEEE*, vol. 39, nº 3, pp. 202-209, 2001.
- [42] S. Moser, J. Martin, J. M. Westall y B. C, "The Role of Max-min Fairness in DOCSIS 3.0 Downstream Channel Bonding," *Sarnoff Symposium 2010 IEEE*, Princeton, 2010, pp. 1-5.
- [43] J.-Y. Jung, D.-J. Cho y N. Hur, "Performance Comparison of Modified Modulation Codewords and Shortened Codewords in DOCSIS 3.1 Cable Modem System," *Consumer Electronics (ICCE) 2015 IEEE International Conference on*, Las Vegas, 2015, pp. 647-648 .
- [44] B. Hamzeh, M. Toy, Y. Fu y J. Mar, "DOCSIS 3.1: Scaling Broadband Cable to Gigabit Speeds," *Communications Magazine IEEE*, vol. 53, nº 3,

pp. 108-113, 2015.

- [45] D. J. Rice, "DOCSIS 3.1 Technology and Hybrid Fiber Coax for Multi-Gbps Broadband," *Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC) 2015*, Los Angeles, 2015, pp. 1-4.
- [46] R. HRANAC.(2012,Octubre).SCTE TECHNICAL COLUMNS [En línea]. Disponible en: <http://www.scte.org/TechnicalColumns/12-10-01%20spectral%20efficiency.pdf>
- [47] B. AYHAM AL y T. CLOONAN.(2014).The spectral efficiency of docsis® 3.1 systems - Arris [En línea]. Disponible en: https://www.arris.com/globalassets/resources/white-papers/arris_spectral_efficiency_of_docsis_wp.pdf
- [48] COMMSCOPE.(2013,Octubre).CommScope Solutions Marketing [En línea]. Disponible en: <http://www.commscope.com/SiteSearch/?q=GPON/EPON%20Comparison%20White%20Paper>
- [49] I. Cale, A. Salihovic y M. Ivekovic, "Gigabit Passive Optical Network - GPON,"*Information Technology Interfaces 2007. ITI 2007. 29th International Conference on*, Cavtat, 2007, pp. 679-684.
- [50] I-Shyan Hwang y Jhong-Yue Lee, "Adaptive priority scheduling

integrated with B-DBA for revenue optimization with QoS and CoS guarantees in GPON," *Network Operations and Management Symposium (APNOMS) 2011 13th Asia-Pacific*, Taipei, 2011, pp. 1-8.

[51] Y. Liu, G. Zhang y Q. Li, "WDM/TDM Hybrid GPON Technology," *Photonics and Optoelectronics (SOPO) 2011 Symposium on*, Wuhan, 2007, pp. 1-3.

[52] K. Satyanarayana y A. Balagani, "Recent Trends in Future Proof Fiber Access Passive Networks: GPON and WDM PON," *Recent Trends in Information Technology (ICRTIT) 2014 International Conference on*, Chennai, 2014, pp. 1-5.

[53] UIT.(2014,Enero).G.984.3 : Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3/es>

[54] A. Chu, K. F. Poon y A. Ouali, "Using Ant Colony Optimization to design GPON-FTTH networks with aggregating equipment," *Computational Intelligence for Communication Systems and Networks (CICOMMS) 2013 IEEE Symposium on*, Singapore, 2013, pp. 10-17.

[55] Y. Qiu, "Availability Estimation of FTTH Architectures Based on GPON," *Wireless Communications Networking and Mobile Computing (WiCOM)*

2011 7th International Conference on, Wuhan, 2011, pp. 1-4.

- [56] F. Selmanovic y E. Skaljo, "GPON in Telecommunication Network," *Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT) 2010 International Congress on*, Moscow, 2010, pp. 1012-1016.
- [57] S. L. Chae y N. Morita, "Next Generation Network Standards in ITU-T," *Broadband Convergence Networks 2006. BcN 2006. The 1st International Workshop on*, Vancouver, 2006, pp. 1-15.
- [58] R. Cao, "Study of Access Control Methods of Three-network Convergence," *Computer Science and Electronics Engineering (ICCSEE) 2012 International Conference on*, Hangzhou, 2012, pp. 229-232.
- [59] Cable Television Laboratories, Inc. Other CableLabs marks, (2012, Mayo 11).Data-Over-Cable Service Interface Specifications Converged Cable Access Platform [En línea]. Disponible en: <http://www.cablelabs.com/wp-content/uploads/specdocs/CM-TR-CCAP-V03-120511.pdf>
- [60] Y. Ni, C. Yang y J. Liu, "Research of Converged Cable Access Platform in Tri-networks Integration," *The 2014 International Conference on Computer Science and Service System (CSSS 2014)*, 2014 Atlantis Press,doi: 10.2991/csss-14.2014.117
- [61] J. Segarra, V. Sales y J. Prat, "Access Services Availability and Traffic

Forecast in PON Deployment," *Transparent Optical Networks (ICTON) 2011 13th International Conference on*, Stockholm, 2011, pp. 1-6.

[62] K. Grobe y J. P. Elbers, "PON Evolution from TDMA to WDM-PON," *Optical Fiber communication/National Fiber Optic Engineers Conference 2008. OFC/NFOEC 2008. Conference on*, San Diego, 2008, pp. 1-7.

[63] S. Lallukka y P. Raatikainen, "Link utilization and comparison of EPON and GPON access network cost," *Global Telecommunications Conference 2005. GLOBECOM '05. IEEE*, Saint Louis, USA, 2005, pp. 5.

[64] B. Skubic, J. Chen, J. Ahmed, L. Wosinska y B. Mukherjee, "A Comparison of Dynamic Bandwidth Allocation for EPON, GPON, and Next-Generation TDM PON," *Communications Magazine IEEE*, vol. 47, nº 3, pp. S40-S48, 2009.

[65] Cable Television Laboratories, Inc. Other CableLabs marks.(2014, Octubre1).DOCSIS® Provisioning of GPON Specifications DPoGv1.0 Architecture Specification [En línea]. Disponible en: <http://www.cablelabs.com/wp-content/uploads/specdocs/DPoG-SP-ARCHv1.0-I01-141001.pdf>

[66] Cable Television Laboratories, Inc. Other CableLabs marks.(2014, Octubre 1).DOCSIS® Provisioning of GPON Specifications DPoGv1.0 [En línea]. Disponible en: <http://www.cablelabs.com/specification/dpog->

mac-and-upper-layer-protocols-interface-specification/

- [67] ARRIS (2013, Septiembre 27).Rutas de migración para lograr una funcionalidad CCAP completa [En línea]. Disponible en: http://www.arris.com/globalassets/resources/white-papers/rutas_de_migracion_para_lograr_una_funcionalidad_ccap_completa.pdf
- [68] UIT (2012,Mayo).Tendencias en las reformas de las telecomunicaciones [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/pub/D-PREF-TTR/es>
- [69] MINTEL (2011, Junio 13).Plan Nacional de Desarrollo de Banda Ancha [En línea]. Disponible en: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/plan-nacional-de-desarrollo-de-banda-ancha/>
- [70] MINTEL (2015, Febrero 18). LEY ORGANICA DE TELECOMUNICACIONES[En línea]. Disponible en : <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2015/04/LEY-ORGANICA-DE-TELECOMUNICACIONES.pdf>.
- [71] ARCOTEL (2014, Agosto 8).RESOLUCION [En línea]. Disponible en: <http://www.derechoecuador.com/productos/producto/catalogo/registros-oficiales/2014/agosto/code/RegistroOficialNo307-Viernes08Agostode2014/registro-oficial-no-307---viernes-08-de-agosto->

de-2014

[72] UIT (2015). Welcome to ITU's ICT-Eye [En línea]. Disponible en:
<http://www.itu.int/net4/itu-d/icteye/>

[73] D. Eddine Meddour, T. Rasheed y Y. Go, "On the role of infrastructure sharing for mobile network operators in emerging markets," *Computer Networks*, vol. 55, nº 7, p. 1576–1591, 2011.

[74] CEPAL (2013, Marzo). Economía digital para el cambio estructural y la igualdad [En línea]. Disponible en:
<http://www.cepal.org/es/publicaciones/35408-economia-digital-para-el-cambio-estructural-y-la-igualdad>

[75] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2012). Transformar la matriz productiva [En línea]. Disponible en:
http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/matriz_productiva_WEBtodo.pdf

