



UCASAL

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA

Facultad de Ingeniería
Ingeniería en Telecomunicaciones

PROYECTO FINAL DE GRADO
**Proyecto de Implementación de un Punto de
Intercambio de Trafico (IXP)**

Autor: Castillo, Marcos Nicolás.

Tutor: Gamarra, Álvaro Ignacio.

2018

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

Profesor Guía:

Ing. Gamarra, Álvaro Ignacio.

Tribunal Evaluador:

.....

.....

.....

Alumno:

Castillo, Marcos Nicolás.

Fecha de Exposición del trabajo: / / 2018

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la confianza y el apoyo brindado por parte de mi madre, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi padre, que siempre lo he sentido presente en mi vida. Y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

A mis hermanos, que con sus consejos y su fortaleza me han ayudado a afrontar los retos que se han presentado a lo largo de mi vida.

A Ciro, porque vino a contagiar su inmensa alegría y con su inocencia nos muestra cada día un motivo por el cual luchar.

A Agustina, quien con su apoyo incondicional me acompañó en el transcurso de esta etapa, compartiendo momentos de alegría, tristeza.

Al Ing. Gamarra Álvaro por toda su colaboración y predisposición, durante la elaboración de este proyecto.

A cada uno de mis profesores, compañeros y amigos por su apoyo y enseñanzas, tanto académicas como personales las cuales mostraron que es importante luchar hasta las últimas consecuencias por algo que sueñas.

Castillo, Marcos Nicolás.

INDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción.....	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. Metodología	3
1.3.1. Evaluar bases regulatorias y de política intervinientes.....	3
1.3.2. Determinación de factores económicos, técnicos y operacionales	3
1.4. Resumen de Capítulos	4
1.4.1. Capítulo 1 – Introducción	4
1.4.2. Capítulo 2 – Internet y sus entidades fundamentales	4
1.4.3. Capítulo 3 – Direccionamiento y comunicación entre proveedores	4
1.4.4. Capítulo 4 – Generación y entrega de contenidos.....	4
1.4.5. Capítulo 5 – Interconexión de Redes en Internet	5
1.4.6. Capítulo 6 – Tendencias internacionales en el desarrollo IXP	5
1.4.7. Capítulo 7 - El tráfico de internet en Argentina	5
1.4.8. Capítulo 8 - Modelos técnicos y situación de interconexión en Argentina.....	5
1.4.9. Capítulo 9 – Análisis de tráfico para el ministerio de hacienda y finanzas	5
1.4.10. Capítulo 10 – Análisis económico de un IXP	5
1.4.11. Capítulo 11 – Políticas públicas y marco regulatorio en Argentina	6
1.4.12. Capítulo 12 – Conclusiones	6
2. Internet y sus entidades fundamentales	7
2.1. Introducción	7
2.2. Arquitectura de internet	7
2.2.1. Operador T1 (<i>Tier One</i>).....	8
2.2.1.1. Operadores T1 con presencia en América Latina y el Caribe	9
2.2.1.2. Cables submarinos.....	10
2.2.2. Operador T2 (<i>Tier Two</i>).....	12
2.2.2.1. Red Federal de Fibra Óptica (REFEFO).....	12
2.2.3. Operador T3 (<i>Tier Three</i>) o ISP.....	12
2.2.3.1. Sistemas cableados	13
2.2.3.1.1. HFC	13
2.2.3.1.2. xDSL	14
2.2.3.1.3. FTTH.....	15
2.2.3.2. Sistemas inalámbricos	16
2.2.3.2.1. WI-FI.....	16
2.2.3.2.2. WiMAX.....	17
2.2.3.2.3. Satélites	18

2.2.3.2.4. Telefonía celular	20
3. Direccionamiento y comunicación entre proveedores	21
3.1. Modelo de referencia OSI.....	21
3.2. Modelo de referencia TCP/IP	23
3.3. Distribución de direcciones y organismos de asignación	25
3.3.1. IANA (Internet Assigned Number Authority)	25
3.3.2. Registro de Internet (IR)	25
3.3.3. Registro de Internet Regional (RIR)	25
3.3.4. Registro de Internet Nacional (NIR)	26
3.3.5. Registro de Internet Local (LIR).....	26
3.3.6. Proveedor de Servicios de Internet	26
3.3.7. Usuario Final (EU)	26
3.4. Sistemas Autónomos (AS).....	26
3.4.1. Numero de Sistema Autónomo (ASN)	27
3.4.2. Terminología y representación de un ASN	27
3.4.3. Reserva de los últimos ASN	27
3.5. Comunicación entre sistemas autónomos	28
3.5.1. Interior Gateway Protocol (IGP).....	28
3.5.1.1. IPv4	29
3.5.1.1.1. Representación de direcciones	30
3.5.1.1.2. Asignación de direcciones	31
3.5.1.1.3. Desperdicio de direcciones	31
3.5.1.1.4. Agotamiento de direcciones.....	32
3.5.1.1.5. NAT como atenuante al agotamiento.....	32
3.5.1.2. IPv6	32
3.5.1.2.1. Tipo de direcciones IPv6	33
3.5.1.2.2. Representación de direcciones IPv6	33
3.5.1.2.3. Necesidad de migrar de IPv4 a IPv6.....	34
3.5.1.2.4. Coexistencia de IPv4 e IPv6	35
3.5.2. Exterior Gateway Protocol (EGP)	37
3.5.2.1. Border Gateway Protocol (BGP)	37
3.5.2.1.1. Fundamentos de BGP	38
3.5.2.1.2. Sesiones BGP	38
3.5.2.1.3. Funcionamiento de un proceso BGP.....	39
3.6. Ventajas de poseer recursos de direccionamiento propios	40
4. Generación y entrega de contenidos	43
4.1. Red de distribución de contenidos	43
4.2. Evolución de las redes de contenidos	44
4.3. Escalabilidad de las redes de contenidos	47

4.4.	Cache web	47
4.5.	Replicas o espejos	49
4.6.	Análisis de una CDN	49
4.6.1.	Conceptos básicos	50
4.6.2.	Componentes involucrados en una CDN	52
4.6.3.	Negociación de contenidos	53
4.7.	Clasificación de las CDN	53
4.7.1.	Pure-Play CDN	54
4.7.2.	Carrier/telco CDN	54
4.7.3.	Managed CDN	54
4.7.4.	Licensed CDN	54
4.7.5.	Federated CDN	54
4.7.6.	Academic CDN	54
4.8.	Principales CDN	55
4.8.1.	CDN comerciales	55
4.8.2.	CDN académicas	55
4.9.	Relación de las CDN con los IXP	56
4.10.	CDI – Content Distribution Internetworking (RFC3466)	57
5.	Interconexión de Redes en Internet	58
5.1.	Transito	58
5.2.	Peering	60
5.2.1.	Peering vs Tránsito	62
5.3.	Puntos de Intercambio de Trafico o IXP	63
5.3.1.	Tipos de acuerdos de Peering en un IXP	64
5.3.1.1.	Acuerdos Bilaterales	64
5.3.1.2.	Acuerdos multilaterales	65
5.3.1.3.	Peering Remoto	65
5.3.2.	Integrantes de un IXP	65
5.3.3.	Clasificación técnica de un IXP	66
5.3.3.1.	Modelo de capa 3	68
5.3.3.1.1.	Funcionamiento del modelo de capa 3	68
5.3.3.2.	Modelo de solo capa 2	69
5.3.3.2.1.	Funcionamiento del modelo de solo capa 2	70
5.3.3.3.	Modelo de capa 2 + <i>Route Server</i>	71
5.3.3.3.1.	Funcionamiento del modelo de capa 2 + <i>Route Server</i>	72
6.	Tendencias internacionales en el desarrollo IXP	73
6.1.	Modelos para el desarrollo de un IXP	73
6.1.1.	Modelo de lanzamiento	73
6.1.1.1.	Modelo operativo y estructura organizativa para el modelo de lanzamiento	73

6.1.2.	Modelo formalizado	74
6.1.2.1.	Modelo operativo y estructura organizativa utilizada para el modelo formalizado. 75	
6.1.3.	Modelo privado	76
6.1.3.1.	Modelo operativo y estructura organizativa para el modelo privado.....	76
6.1.4.	Mejores prácticas recomendadas por el CAF.....	77
6.2.	Marcos regulatorios y políticas públicas con impacto en el sector	77
6.2.1.	Estímulos fiscales	78
6.2.2.	Inversión publica	79
6.2.3.	Control de prácticas anticompetitivas	79
6.2.4.	Respuesta a desastres naturales y amenaza a la seguridad nacional	80
7.	El tráfico de internet en Argentina.....	81
7.1.	Estimación del tráfico total cursado en Argentina	81
7.1.1.	Tráfico total de internet residencial	82
7.1.1.1.	El trafico residencial fijo.....	85
7.1.1.2.	El trafico residencial móvil.....	86
7.1.2.	Tráfico total de internet en organizaciones	87
7.1.2.1.	El trafico fijo en organizaciones	89
7.1.2.2.	El trafico móvil en organizaciones.....	89
7.1.3.	Tráfico total en Argentina.....	90
7.1.4.	Separación de tráfico local e internacional	92
7.2.	Panorama del mercado de las telecomunicaciones en Argentina	94
7.2.1.	Telefonía y banda ancha móvil	94
7.2.1.1.	Operadores Móviles Virtuales (MVNOs)	96
7.2.2.	Banda ancha fija	96
7.3.	Hábitos y preferencias de consumo en Argentina	97
8.	Modelos técnicos y situación de interconexión en Argentina.....	99
8.1.	Localización del punto de intercambio	99
8.1.1.	Localización interregional	99
8.1.2.	Localización domestica	101
8.2.	Situación de interconexión en Argentina	103
8.2.1.	CABASE	103
8.2.2.	Despliegue CABASE en Argentina	103
8.3.	Modelos de IXP de acuerdo su capacidad	104
8.3.1.	Modelo de IXP interregional	105
8.3.2.	Modelo de IXP nacional nivel 1	107
8.3.3.	Modelo de IXP nacional nivel 2	109
8.3.4.	Software requerido	111
9.	Análisis de tráfico para el ministerio de hacienda y finanzas	112

9.1.	Tráfico de marzo	112
9.2.	Tráfico de abril	114
9.3.	Tráfico de mayo.....	115
9.4.	Tráfico de junio	116
9.5.	Tráfico de julio	117
9.6.	Análisis final de ancho de banda	118
10.	Análisis económico de un IXP	121
10.1.	Los costos de participar del IXP	121
10.1.1.	Categorías de membresía de LACNIC.....	121
10.1.2.	Categoría de Socios CABASE.....	122
10.2.	Análisis económico para el ministerio de hacienda y finanzas	122
10.2.1.	Análisis de costos sin IXP	122
10.2.2.	Análisis de costos con IXP	123
10.2.3.	Costos de tráfico nacional e internacional	124
10.3.	Análisis para un ISP que consume 100 Mbps	126
10.3.1.	Análisis de costos sin IXP	126
10.3.2.	Análisis de costos por IXP.....	127
10.4.	Análisis para un ISP que consume 500 Mbps	129
10.4.1.	Análisis de costos sin IXP	129
10.4.2.	Análisis de costos por IXP.....	130
10.4.3.	Costos de tráfico nacional e internacional	131
10.5.	Impacto económico del despliegue de un IXP	131
10.5.1.	Impacto en la reducción de costos de tránsito.....	132
10.5.2.	Impacto en la reducción de costos de tránsito en las tarifas de banda ancha.....	133
11.	Políticas públicas y marco regulatorio en Argentina.....	134
11.1.	Postura del Estado frente a la competencia en servicios de telecomunicaciones	134
11.2.	Postura del Estado frente a la interconexión de redes	135
11.2.1.	Reglamento Nacional de Interconexión (RNI), Decreto N° 764/2000	135
11.3.	Postura del Estado frente a la inclusión digital	136
11.3.1.	Ley Argentina Digital, Ley N° 27078.....	136
12.	Conclusiones	138
13.	Bibliografía	139

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 2.1 – Entidades de internet	7
Gráfico 2.2: Arquitectura de internet.....	8
Gráfico 2.3 – Conexión entre Tier One	9
Gráfico 2.4 – Fibras ópticas submarinas	11
Gráfico 2.5 – Red HFC.....	14
Gráfico 2.6 – Red xDSL	14
Gráfico 2.7 – Passive Optical Network.....	16
Gráfico 2.8 – Punto de acceso y estaciones WIFI	17
Gráfico 2.9 – Avances WiMAX	18
Gráfico 2.10 – Enlace satelital	19
Gráfico 2.11 – Red Celular	20
Gráfico 3.1 – Modelo de referencia OSI.....	22
Gráfico 3.2 – Modelo de referencia TCP/IP	23
Gráfico 3.3 – OSI vs TCP/IP	24
Gráfico 3.4 – Distribución de direcciones por LACNIC	25
Gráfico 3.5 – Método Dual Stack	36
Gráfico 3.6 – Método de Tunelización.....	36
Gráfico 3.7 – Método de Traducción.	37
Gráfico 3.8 – Rutas compartidas entre AS.....	39
Gráfico 3.9 - Red usuario final sin recursos propios y 1 Carrier.....	41
Gráfico 3.10 - Red de usuario final sin recursos propios y 2 Carrier.....	41
Gráfico 3.11 - Red de usuario final con recursos propios.....	42
Gráfico 4.1 – Cliente-Servidor Centralizado	44
Gráfico 4.2 – Red de Distribución de Contenidos.	44
Gráfico 4.3 – Esquema típico Cliente-Servidor	45
Gráfico 4.4 – Comunicación con Cache Proxy	48
Gráfico 4.5 – Esquema básico de una CDN	51
Gráfico 4.6 – Negociación de contenidos	53
Gráfico 5.1 – Cadena de valor de internet.	58
Gráfico 5.2 – Acuerdo comercial de Transito.	59
Gráfico 5.3 – Modelo de facturación Percentil 95	60
Gráfico 5.4 - Peering.....	61
Gráfico 5.5 – Peering por IXP	61
Gráfico 5.6 – Equilibrio entre Transito y Peering.....	63
Gráfico 5.7 – Diferentes tipos de Peering en el IXP	65

Gráfico 5.8 – Ecosistema en un IXP.....	66
Gráfico 5.9 – Intercambio Centralizado.....	67
Gráfico 5.10 – Intercambio Distribuido.	67
Gráfico 5.11 – IXP de capa 3	68
Gráfico 5.12 – Funcionamiento del modelo de capa 3.....	69
Gráfico 5.13 – IXP de solo capa 2	70
Gráfico 5.14 – Funcionamiento del modelo solo de capa 2	71
Gráfico 5.15 – IXP de capa 2 + <i>Route Server</i>	71
Gráfico 5.16 – Funcionamiento del modelo de capa 2 + <i>Route Server</i>	72
Gráfico 6.1 – Modelo organizativo de IXPN.....	74
Gráfico 6.2 – Modelo Organizativo AMS-IX	75
Gráfico 6.3 – Modelo formalizado alemán	76
Gráfico 6.4 – Modelo organizativo DE-CIX.....	77
Gráfico 7.1 – Trafico total internet residencial y en organizaciones	81
Gráfico 7.2 – Total de Accesos Residenciales.....	82
Gráfico 7.3 – Las 10 Provincias con más Accesos Residenciales.....	83
Gráfico 7.4 – Trafico Promedio Fijo.....	84
Gráfico 7.5 – Trafico Promedio Móvil.....	84
Gráfico 7.6 – Accesos en Organizaciones	87
Gráfico 7.7 – Las 10 provincias con más accesos organizacionales.	88
Gráfico 7.8 – Trafico Fijo vs Trafico Móvil	92
Gráfico 7.9 – Cuota de mercado de Banda Ancha Móvil de Argentina.	96
Gráfico 7.10 – Cuota de mercado de banda ancha fija.	97
Gráfico 8.1 - Configuración tecnológica para IXP Panamá	106
Gráfico 8.2 - Configuración tecnológica para colocación	107
Gráfico 8.3 - Modelo IXP nacional nivel 1	108
Gráfico 8.4 - Configuración tecnológica para colocación IXP nacional nivel 1.....	109
Gráfico 8.5 - Modelo IXP nacional nivel 2	111
Gráfico 9.1 - Tráfico de Marzo.....	113
Gráfico 9.2 - Tráfico de Abril.....	114
Gráfico 9.3 - Tráfico de Mayo	115
Gráfico 9.4 - Tráfico de Junio	116
Gráfico 9.5 - Tráfico de Julio.....	117
Gráfico 9.6 - AB upload de marzo a julio.....	118
Gráfico 9.7 - AB upload total.....	118
Gráfico 9.8 - AB download de marzo a julio.....	119

Gráfico 9.9 - AB download total.....	119
Gráfico 9.10 – Trafico total de marzo a julio	120
Gráfico 10.1 – Comportamiento del ISP frente a la reducción de costo en el tránsito. .	133

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 – Operadores Tier One con presencia en América Latina y el Caribe.....	10
Tabla 2.2 – Operadores T2	12
Tabla 2.3 – Velocidades de xDSL	15
Tabla 2.4 – Avances WiMAX	18
Tabla 3.1 – ASN de 16 bits	28
Tabla 3.2 – ASN de 32 bits	28
Tabla 3.3 – Tipos de IGP	29
Tabla 3.4 – Representación de direcciones IPv4.....	30
Tabla 4.1 – CDN comerciales	55
Tabla 4.2 – CDN académicas.....	56
Tabla 6.1 – Políticas públicas con impacto para los IXP	78
Tabla 7.1 – Accesos Residenciales por provincia.....	83
Tabla 7.2 – Estimación de Trafico Fijo por provincia.	85
Tabla 7.3 – Estimación de Trafico Móvil.	86
Tabla 7.4 – Accesos Organizacionales	88
Tabla 7.5 – Trafico Organizacional Fijo	89
Tabla 7.6 – Trafico Móvil Organizacional	90
Tabla 7.7 – Tráfico Total.	91
Tabla 7.8 – Separación de Trafico.	93
Tabla 7.9 – Separación de tráfico.....	94
Tabla 7.10 – Proveedores de telefonía y banda ancha móvil en Argentina.....	95
Tabla 7.11 – Operadores Virtuales Móviles.....	96
Tabla 7.12 – Proveedores de banda ancha fija	97
Tabla 7.13 - Top 15 sitios más visitados de Argentina.	98
Tabla 7.14 - CDN en CABASE	98
Tabla 8.1 - Índice compuesto de localización.....	100
Tabla 8.2 - Índice de localización clúster Andino/Centroamérica/Norteamérica.	100
Tabla 8.3 - índice de localización clúster Cono Sur.....	100
Tabla 8.4 – Índice de localización para Argentina	102
Tabla 8.5 – IXP pertenecientes a CABASE.....	104
Tabla 8.6 – Requerimientos de trafico.....	105
Tabla 8.7 - Equipamiento requerido para IXP Panamá.....	105
Tabla 8.8 - Equipamiento de colocación para IXP Panamá	107
Tabla 8.9 - Supuestos de capacidad requerida por los IXP nivel 1.....	107
Tabla 8.10 - Equipamiento para IXP nacional nivel 1	108

Tabla 8.11 – Equipamiento de colocación.	109
Tabla 8.12 – Capacidad requerida para IXP en Argentina.....	110
Tabla 8.13 - Equipamiento para IXP nacional nivel 2	110
Tabla 8.14 - Software requerido.....	111
Tabla 9.1 - Ancho de banda utilizado en marzo	113
Tabla 9.2 - Ancho de banda utilizado en abril	114
Tabla 9.3 - Ancho de banda utilizado en mayo	115
Tabla 9.4 - Ancho de banda utilizado en junio	116
Tabla 9.5 - Ancho de banda utilizado en julio	117
Tabla 10.1 - Costos para participar de un IXP.....	121
Tabla 10.2 – Costo del Mbps sin recursos de direccionamiento.....	122
Tabla 10.3 – Costos de direccionamiento para Usuario Final 1er año.	123
Tabla 10.4 – Costos de direccionamiento para Usuario Final 2do año	123
Tabla 10.5 – Costo del Mbps con recursos de direccionamiento propios.....	123
Tabla 10.6 - Costos fijos 1er año	124
Tabla 10.7 - Costos fijos 2do año.....	124
Tabla 10.8 – Costo del Mbps por el IXP	124
Tabla 10.9 – Costo del Mbps con IXP.....	125
Tabla 10.10 – Comparación de servicios.	125
Tabla 10.11 - Costos fijos 1er año	126
Tabla 10.12 - Costos fijos 2do año.....	126
Tabla 10.13 – Costo del Mbps con recursos de direccionamiento propios.....	127
Tabla 10.13 - Costos fijos 1er año	127
Tabla 10.14 - Costos fijos 2do año.....	127
Tabla 10.15 – Costo del Mbps por el IXP.....	128
Tabla 10.16 – Costo del Mbps con IXP.....	128
Tabla 10.17 – Comparación de servicios	129
Tabla 10.18 – Costos fijos 1er año.....	129
Tabla 10.19 – Costos fijos 2do año	129
Tabla 10.20 – Costo del Mbps con recursos de direccionamiento propios.....	130
Tabla 10.21 – Costos fijos 1er año.....	130
Tabla 10.22 – Costos fijos 2do año	130
Tabla 10.23 – Costo del Mbps por el IXP.....	131
Tabla 10.24 – Costo del Mbps con IXP.....	131
Tabla 10.25 – Comparación de servicios	131
Tabla 10.26 - Costos del Mbps sin GGC.....	132

Tabla 10.27 - Costos del Mbps con GGC 133

1.Introducción

El potencial de internet hizo que se convierta en la herramienta por excelencia para el desarrollo económico y social. Los países reconocen esta capacidad y motivan su crecimiento con inversiones en tres grandes ramas:

- Alfabetización digital y apropiación en IT.
- La creación de contenidos y aplicaciones.
- El desarrollo de la infraestructura de acceso transporte e interconexión.

El tráfico de internet se encuentra en constante crecimiento y se espera que esto siga ocurriendo de esta manera. Este tráfico en primera medida es soportado por las redes de transporte, tanto nacionales como internacionales, las cuales en la mayoría de los casos son propiedad de operadores privados que tienen presencia en la región. Sin embargo, en países de gran extensión y con una distribución despereja de las riquezas, como lo es en Argentina, hay sectores en donde el despliegue de infraestructura no acompaña el desarrollo como en las grandes ciudades, esto se debe a que los operadores privados no tienen incentivos económicos que impulsen a invertir en la región. Es por esto que los gobiernos desarrollaron e implementan políticas en donde ha sido la inversión estatal la que ha venido a suplir estas deficiencias. Tal es el caso de Argentina con el decreto 1552/2010, Plan Nacional de Telecomunicaciones “Argentina Conectada”.

Al mismo tiempo, está claro que no basta con una ampliación en las redes de transporte para soportar el crecimiento, sino que es necesario tener un marco e infraestructura de interconexión de redes que puedan hacer más eficiente el intercambio de tráfico, permitan reducir costos de tránsito, disminuir la latencia y aumentar el intercambio de tráfico regional. Tanto los modelos teóricos como las experiencias prácticas indican que un mayor desarrollo de los Puntos de Intercambio de Tráfico de Internet, IXP¹ por sus siglas en inglés, en la región contribuiría al logro de esta meta. Los IXPs son plataformas de interconexión que permiten el intercambio de tráfico IP² entre los distintos integrantes del ecosistema de internet, tal como Proveedores de Servicios de Internet, o ISP³ por sus siglas en inglés, distribuidores de contenidos, y proveedores de tráfico nacional o internacional.

1.1. Planteamiento del problema

En un país en vías de desarrollo como es Argentina, es notable como aun a pesar de los esfuerzos por disminuir la brecha digital entre sus habitantes, tanto las velocidades de conexión como la penetración de la banda ancha no acompañan en todo este desarrollo. Es así como surge las siguientes preguntas ¿Cómo pueden los IXP ayudar a disminuir la brecha digital? y ¿Cómo pueden los IXP mejorar las velocidades de conexión y la calidad de servicio percibida por los usuarios?

¹ IXP – Internet Exchange Point

² IP – Internet Protocol

³ ISP – Internet Service Provider

CAPITULO 1: Introducción.

El punto de vista anterior muestra beneficios que a simple vista parecen afectar a los usuarios, es allí donde surgen las siguientes preguntas ¿Cuáles son los beneficios e inconvenientes que percibirán los interesados en participar del IXP? y ¿Cuál será el impacto económico para los participantes del IXP?

Y por último desde el punto de vista de las entidades gubernamentales resulta interesante evaluar cuál es el comportamiento del sector de las telecomunicaciones en Argentina y poder responder ¿Cuáles son los beneficios que un IXP brinda a partir de su instalación? ¿Cuál es el marco regulatorio existente para este tipo de infraestructura? y ¿cuáles son las recomendaciones a nivel internacional para establecer un marco regulatorio favorable?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es estudiar, investigar y analizar los IXPs así como también evaluar el ecosistema en que se encuentran en Argentina y hacer un análisis detallado para la ciudad de Salta, para posteriormente desarrollar y diseñar la implementación de estas estructuras para mejorar el enrutamiento entre los distintos ISP y las Redes Distribuidoras de Contenidos, o CDN⁴ por sus siglas en inglés, así como también evaluar las ventajas e inconvenientes que puede tener una infraestructura de estas características para el intercambio regional.

1.2.2. Objetivos específicos

Para poder cumplir con el objetivo general es necesario que se tengan en cuenta los siguientes objetivos específicos:

- Describir y definir todos los actores que intervienen en una comunicación por medio de internet.
- Describir y Desarrollar el estado actual de las conexiones en Internet entre los usuarios de los distintos ISP y las redes de contenidos, así como también los inconvenientes a los que se deben afrontar.
- Analizar las mejores prácticas internacionales para el desarrollo de infraestructuras de interconexión.
- Recopilar y analizar información sobre las bases regulatorias y de política que motivan los IXPs, así como también proponer bases y condiciones para impulsar el desarrollo de estas infraestructuras de interconexión.
- Evaluar los casos de éxito nacional CABASE e internacional.
- Establecer los factores económicos, técnicos y operaciones que intervienen en los IXPs.
- Evaluar las diferentes alternativas y modelos de negocio de los IXPs, junto con sus modelos corporativos, operativos y de gobernanza.
- Estimar el tráfico regional, nacional e internacional generado por la ciudad de Salta.

⁴ CDN – Content Delivery Network

CAPITULO 1: Introducción.

- Estimar el impacto económico en la región del despliegue de IXP, analizando el impacto en los costos de interconexión, los precios finales del servicio de banda ancha y los resultados en la calidad de conexión.
- Proponer un modelo técnico que se adapte a las necesidades de la ciudad.
- Analizar los beneficios para los ISP de unirse al IXP.
- Evaluar el modelo de negocio que mejor se adaptara al IXP para que sea sustentable

1.3. Metodología

En el contexto de los objetivos descriptos, la metodología para este estudio apunta a desarrollar un marco teórico que explique detalladamente el entorno en el que convive un IXP, analizando los factores que intervienen (económicos, técnicos, regulatorio y operacionales) para que la infraestructura de interconexión sea exitosa.

Debido a que los objetivos de este proyecto son multidisciplinarios requirió de diferentes metodologías, las cuales se detallan a continuación:

1.3.1. Evaluar bases regulatorias y de política intervinientes

El objetivo central de este apartado es evaluar el contexto regulatorio y político en que se encuentran los IXP, y ver si estas apuntan a estimular la inversión privada. Evaluar así también si existen mecanismos de intervención pública para remediar la falta de inversión. Esto implicó un análisis de las experiencias internacionales en términos de inversión en IXP y un análisis de la situación en nuestro país.

- **Análisis de la experiencia internacional en términos de inversión:** Este apartado va a explicar cómo es el comportamiento del sector público y privado en relación a la inversión. Así también los incentivos que han sido dados al sector privado para fomentar su participación. Se va a analizar, tanto desde el punto de vista público como privado, cuáles son los mecanismos más elegidos para el despliegue de un IXP.
- **Análisis de marco regulatorio y político de nuestro país:** a pesar de determinar la experiencia internacional y las mejores prácticas regulatorias es necesario evaluar estas experiencias en el ámbito nacional. Analizar las intervenciones del estado en la industria de las telecomunicaciones para fomentar el crecimiento del sector y como esto interviene en los puntos de interconexión.

1.3.2. Determinación de factores económicos, técnicos y operacionales

El carácter multidisciplinario de este apartado amerita hacer un análisis detallado en los siguientes aspectos:

- **Modelo de tráfico de internet en la región:** para poder establecer la ubicación óptima de un IXP es necesario analizar el tráfico de la región, así como

CAPITULO 1: Introducción.

también hacer una proyección para un futuro crecimiento. Para este apartado se va a utilizar el modelo de tráfico utilizado por el CAF⁵.

- **Modelo técnico:** una vez estimado el tráfico que es necesario cursar, se puede aplicar el modelo técnico que mejor se adapte. Para ello es necesario conocer como es la arquitectura actual con la correspondiente arquitectura de interconexión. Una vez determinado este esquema, y constituido el modelo de tráfico a futuro, se puede establecer una arquitectura que permita soportar el tráfico actual y su crecimiento, así como también poder determinar la ubicación más adecuada para el IXP en la región.
- **Impacto económico resultado de la instalación de un IXP:** resulta vital comprender los beneficios directos que presenta en los costos a incurrir con los proveedores de transporte y los precios minoristas de la banda ancha fija y móvil. También es necesario analizar factores que afectan a la reducción del precio pero que son ajenos a la reducción de costos (por ejemplo, dinámica competitiva).
- **Modelo de inversión y casos de negocios generados por el IXP:** para la constitución de esta infraestructura es necesario conocer las diferentes alternativas a tener en cuenta desde el punto de vista de la inversión para los participantes. Es necesario además considerar el abanico de posibilidades de negocio que se abre con la instalación de un IXP (por ejemplo, hosting o alojamiento) y como esto puede modificar el modelo de inversión.

1.4. Resumen de Capítulos

1.4.1. Capítulo 1 – Introducción

Este capítulo presenta la metodología que se sigue para elaborar este trabajo planteando los objetivos principales y específicos.

1.4.2. Capítulo 2 – Internet y sus entidades fundamentales

Presenta los diferentes actores del ecosistema de internet. Internet básicamente está compuesto por tres actores, proveedores, generadores de contenidos y puntos en donde se intercambia el tráfico. En este capítulo se desarrolla en detalle los proveedores de servicios de internet y las tecnologías con las que cuentan para prestar sus servicios.

1.4.3. Capítulo 3 – Direccionamiento y comunicación entre proveedores

Los proveedores cuentan con sistemas de direccionamiento para poder establecer políticas de enrutamiento para direccionar el tráfico a su destino. Este capítulo presenta dichas direcciones y los organismos encargados de distribuir estas direcciones. También se presentan los protocolos encargados de hacer el intercambio de tráfico entre redes y explica su funcionamiento.

1.4.4. Capítulo 4 – Generación y entrega de contenidos

⁵ CAF – Banco de Desarrollo de América Latina

CAPITULO 1: Introducción.

El propósito de este capítulo es explicar los conceptos básicos para entender que es una CDN, los principios de funcionamiento, su arquitectura y la cercana relación que existe entre las CDN y los IXP.

1.4.5. Capítulo 5 – Interconexión de Redes en Internet

Se presentan los modelos de interconexión de internet. A este punto se conocen los proveedores y los generadores de contenidos, a partir de ello se analizan los modelos de interconexión, ya sean privados o públicos. Se hace principal énfasis en los puntos de intercambio de internet (IXP).

1.4.6. Capítulo 6 – Tendencias internacionales en el desarrollo IXP

Este capítulo presentara las mejores prácticas utilizadas a nivel internacional para el despliegue de puntos de intercambio. Esto comprende desde los modelos de acuerdo al desarrollo, modelos operativos, estructuras de organización, marcos regulatorios y políticas públicas que tengan impacto en el sector.

1.4.7. Capítulo 7 - El tráfico de internet en Argentina

Se hace un análisis de tráfico partiendo de datos estadísticos que proporciona el INDEC y parámetros de consumo promedio por usuario. A partir de ello se realiza un análisis del tráfico local, internacional en cache e internacional importado. Se analizan también el panorama de mercado de la Argentina, viendo la cuota de mercado ocupada por los proveedores importantes del país. Se analizan además los sitios web con mayor cantidad de visita como así también las CDN que pertenecen a la red de CABASE.

1.4.8. Capítulo 8 - Modelos técnicos y situación de interconexión en Argentina

Se analizan los modelos técnicos estandarizados para los puntos de intercambio de tráfico. Para ello se tienen en cuenta el volumen de tráfico que deberán manejar y el índice de localización calculado a partir de factores que influyen directamente el desarrollo de los puntos de intercambio.

1.4.9. Capítulo 9 – Análisis de tráfico para el ministerio de hacienda y finanzas

En este capítulo se analizan los datos obtenidos de las mediciones realizadas en la red del Ministerio de Hacienda y Finanzas de la ciudad de Salta. Para ello se utilizó el software Cacti, el cual capturo el tráfico cursado por el router de borde durante 5 meses. Estas mediciones se realizaron de marzo a julio del 2018.

1.4.10. Capítulo 10 – Análisis económico de un IXP

Este capítulo analiza los costos de participar de un IXP como así también el beneficio económico que tendrá dicha participación. Realiza la comparativa entre pertenecer al IXP y no hacerlo para luego mostrar el impacto económico generado por la participación. Este impacto se ve directamente sobre los costos de tránsito y de forma indirecta sobre los costos del AB ofrecido a los usuarios finales.

1.4.11. Capítulo 11 – Políticas públicas y marco regulatorio en Argentina

Se analizan las políticas públicas y el marco regulatorio de incumbencia en el sector de las telecomunicaciones y los IXP.

1.4.12. Capítulo 12 – Conclusiones

Una vez desarrollados los aspectos teóricos y prácticos, y haber realizado las estimaciones necesarias se realizan las conclusiones pertinentes a los IXP.

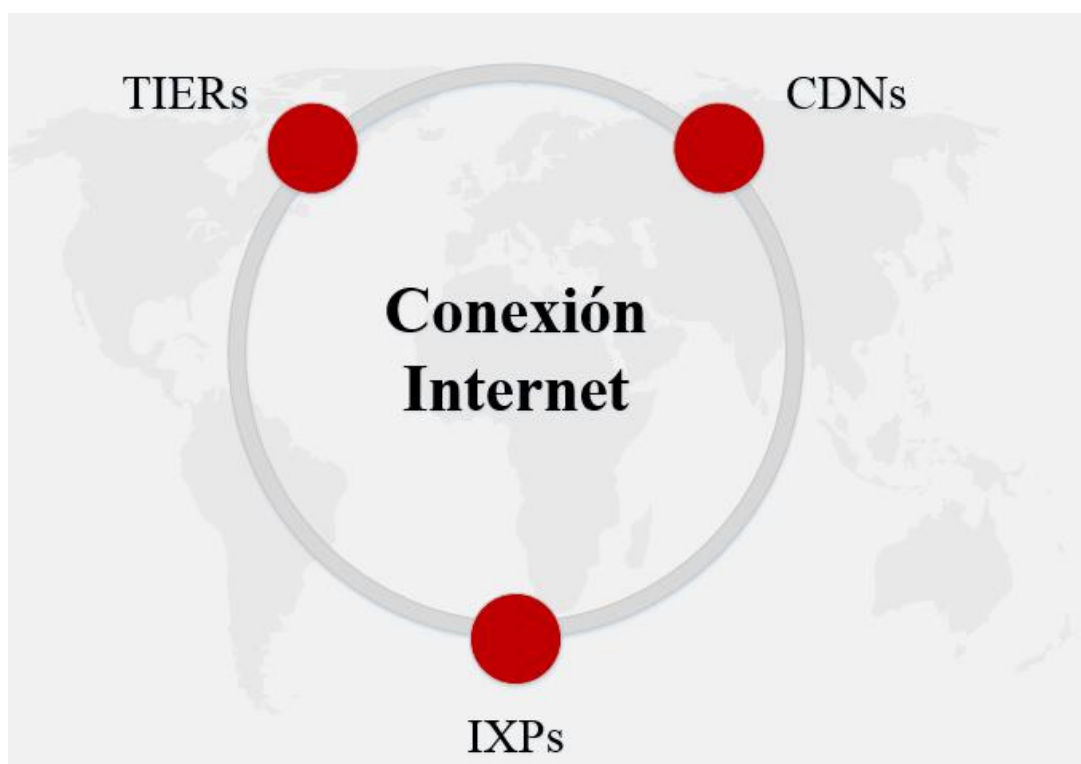
2. Internet y sus entidades fundamentales

2.1.Introducción

Internet se puede considerar la mayor red de comunicaciones del planeta, a menudo es denominada “la red de redes” y está formada por la interconexión de millones de redes de todo el mundo. Hablamos de una multiplicidad de redes independientes que se comunican y conectan entre sí por medio de un protocolo común (TCP/IP). Con las características que presenta internet, comúnmente se considera como algo abstracto y frecuentemente se representa como una nube que nos proporciona acceso a una gran cantidad de servicios. Pero está claro que la cantidad de servicios que puede proporcionar necesita un complejo ecosistema que lo respalde. Esta estructura de comunicaciones está compuesta por una diversa variedad de actores, pero de una manera simplificada, pero que no se aleja de la realidad, se los puede dividir en tres grupos:

- Redes de Proveedores (Tiers)
- Puntos de intercambio de tráfico (IXP)
- Proveedores de contenidos y redes de entrega de contenidos (CDN)

Gráfico 2.1 – Entidades de internet



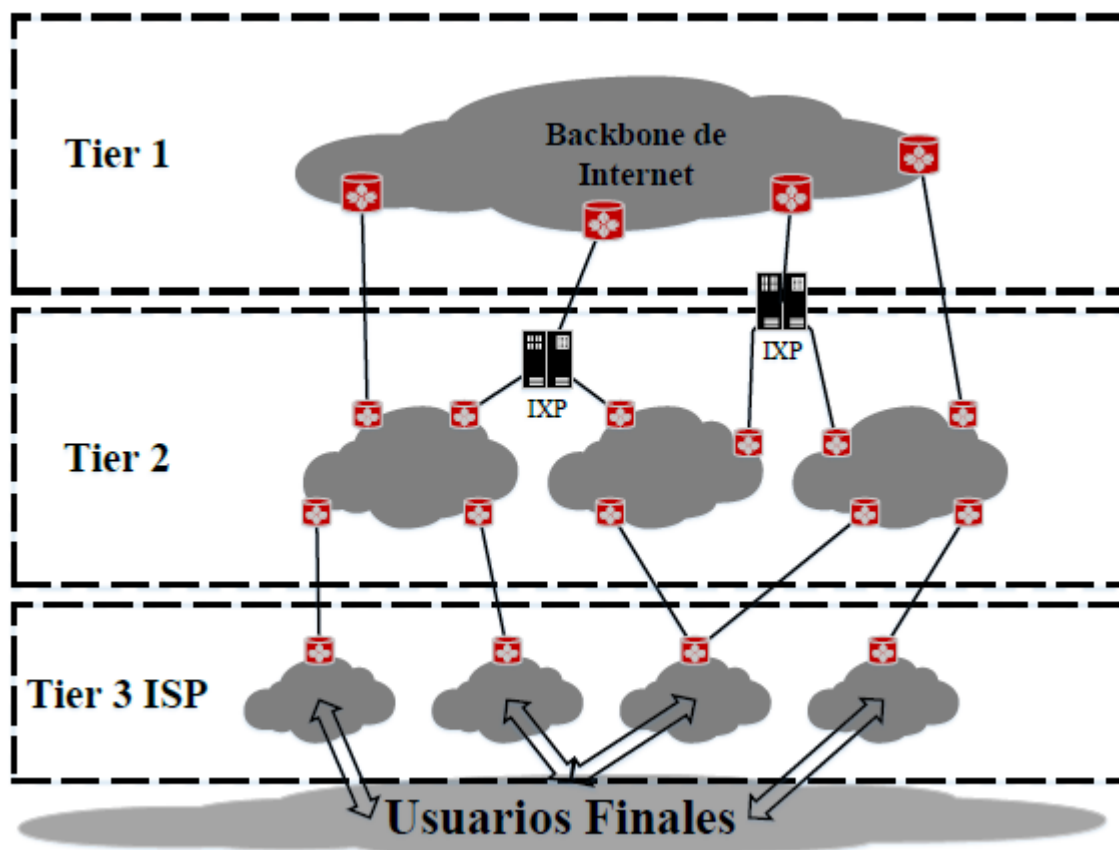
2.2. Arquitectura de internet

La principal característica de internet es que cualquier usuario, con acceso a internet, ubicado en alguna parte del mundo puede comunicarse con otro usuario que también tenga acceso a internet sin importar su ubicación. Para que esto sea posible es necesario que las redes de los proveedores estén conectadas entre sí.

Es aquí donde se pueden clasificar de forma jerárquica las redes según su cobertura, despliegue, tráfico cursado, entre otras características. A cada uno de estos niveles se los

CAPITULO 2: Internet y sus entidades fundamentales

denomina Tier. En el extremo más alto de la jerarquía hay un número relativamente pequeño proveedores, estos tienen una cobertura internacional y se los denomina Operador T1 (Tier One). Un Operador T2 (Tier Two) normalmente tiene una cobertura regional o nacional y se conecta a unos pocos T1. Por último, debajo de los T2 están los Operadores T3 (Tier Three o ISPs) que son los encargados de brindar el servicio de internet a los usuarios finales, estos también se denominan ISP de acceso.⁶

Gráfico 2.2: Arquitectura de internet

Este gráfico presenta elementos que van a ser explicados en apartados posteriores

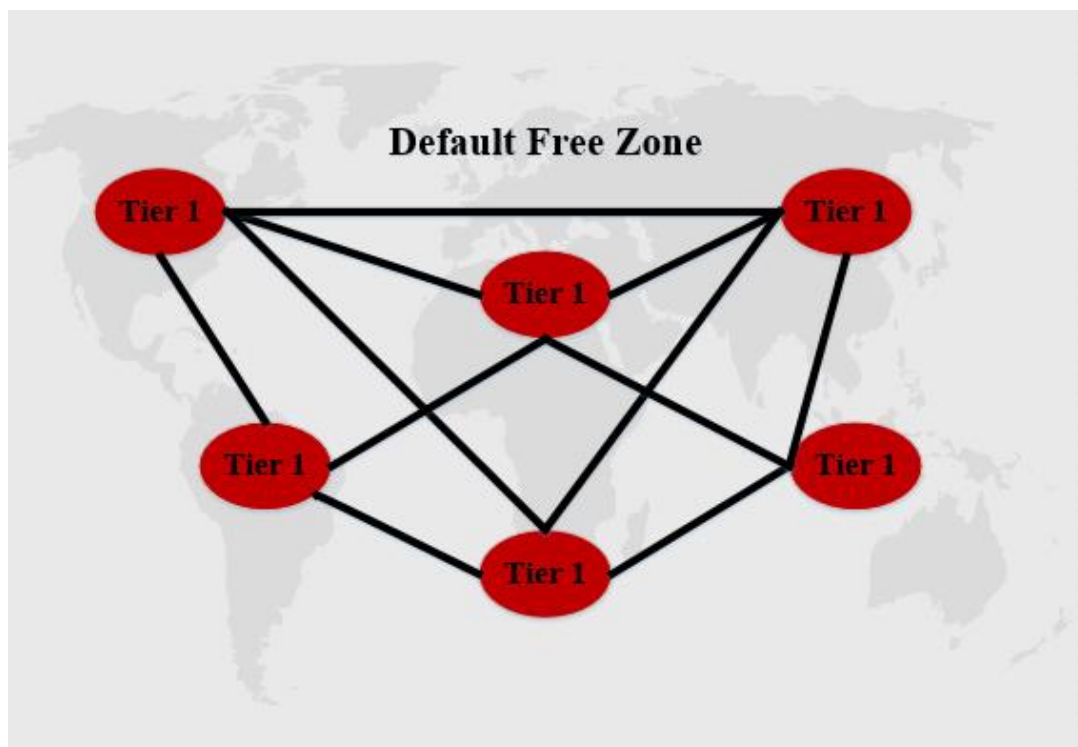
2.2.1. Operador T1 (Tier One)

Los T1 son los grandes operadores con presencia global (*global carriers*) o por lo menos actúan en un número de diferentes países y/o continentes. Son operadores de redes de alta capacidad, a nivel global se definen como los encargados de la Conectividad Internacional de Internet (CII).

Desde un T1 se puede acceder a cualquier punto de internet gracias a que todos los operadores T1 tienen que estar conectados entre sí. No emplean rutas por defectos, tienen rutas a todas las redes que están conectadas a internet. Se puede decir que los T1 forman el backbone o troncal de internet.

⁶ (<http://redestematicas.com/arquitectura-de-internet/>, 2012)

Gráfico 2.3 – Conexión entre Tier One



El número de empresas que se definen como operadores T1 no es significativo, lo que permite y facilita las negociaciones entre ellos. Los T1 no suelen pagar por la interconexión entre ellos, en el caso de tránsito, las condiciones de contrato pueden incluir costos por este servicio, esto no puede tomarse como norma dado que los contratos entre pares no son públicos y existen cantidad de acuerdos específicos entre ellos Peering (entre partes) inclusive con operadores de menor nivel.

Esta interconexión es denominada DFZ (*Default Free Zone*), y consiste en una colección de todos los AS (*Autonomous Systems*), con lo que tiene acceso a cualquier parte de la red sin necesidad de hacer uso de una ruta predeterminada. La DFZ tiene una tabla BGP (*Border Gateway Protocol*) completa, la cual le permite llegar a cualquier sitio en la red⁷.

2.2.1.1. Operadores T1 con presencia en América Latina y el Caribe

Los operadores mencionados en esta sección son aquellos que tienen un despliegue, ya sea marino o terrestre, que abarca 10 o más países. Estos operadores se caracterizan por prestar servicios de conectividad, tránsito e interconexión en la región de América Latina y el Caribe⁸.

⁷ (https://en.wikipedia.org/wiki/Default-free_zone, 2017)

⁸ (ITU, 2013)

Tabla 2.1 – Operadores Tier One con presencia en América Latina y el Caribe.

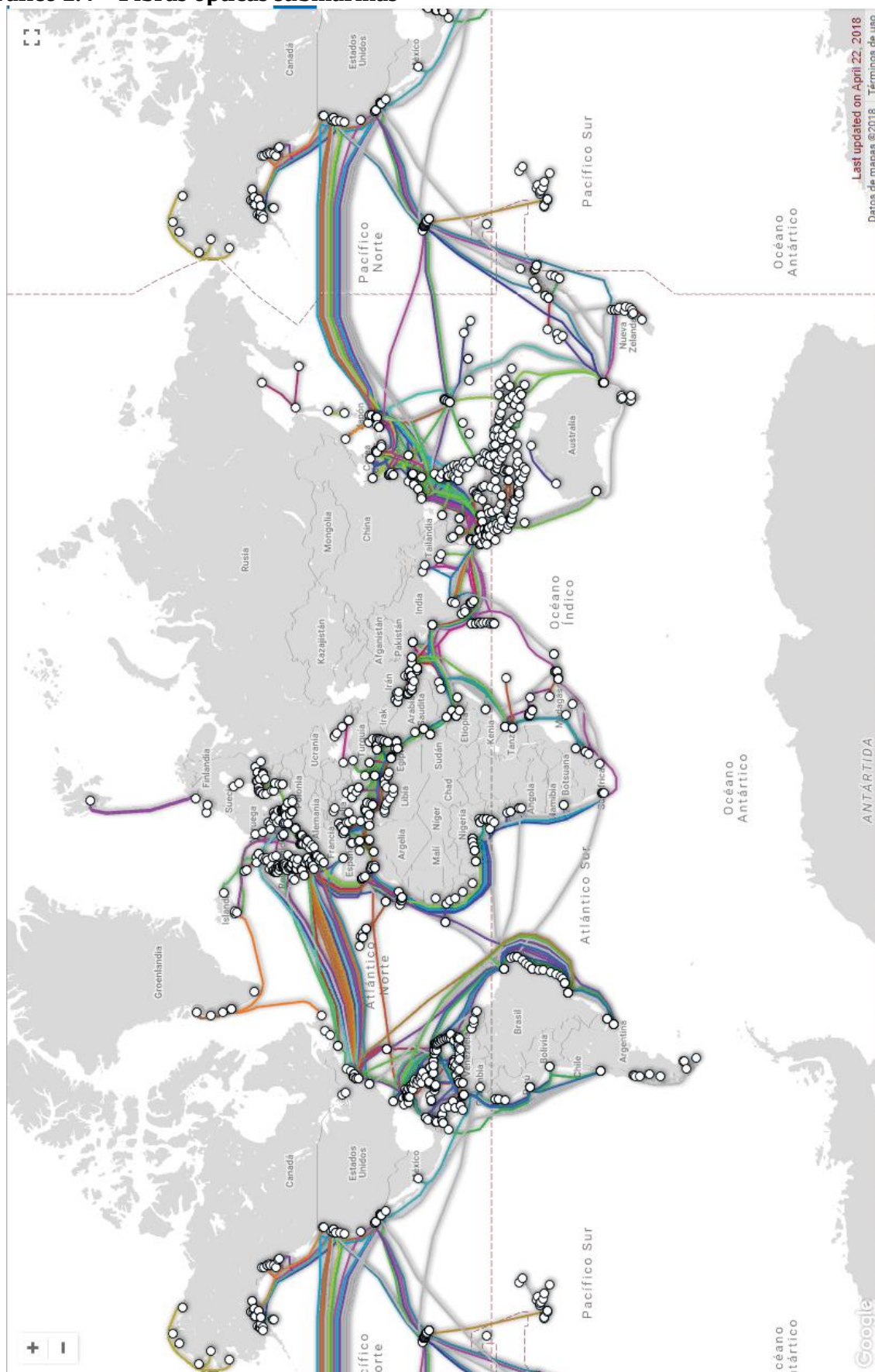
Operadores T1				
<i>Alba1</i>	<i>Américas I</i>	<i>Américas II GCn</i>	<i>Antel-Telecom</i>	<i>Atlantis</i>
<i>Cable & Wireless</i>	<i>Columbus Networks</i>	<i>GCN</i>	<i>Glabal Crossing</i>	<i>Globenet</i>
<i>GT&T y Telesur</i>	<i>Internexa</i>	<i>LA Nautilus</i>	<i>Maya Networks</i>	<i>Panamericano</i>
<i>San Andrés</i>	<i>Tiws</i>	<i>Unisur</i>		

2.2.1.2. Cables submarinos

La red de cables submarinos es extensa y ocupa todo el planeta como se puede ver en el **Gráfico 2.4**. Sin la existencia de este tendido submarino sería imposible conectar a las redes del mundo que están dividida por los océanos o que quizás es difícil su accesibilidad por medio de tierra.

TeleGeography ofrece una plataforma web donde se puede obtener información de todos los tendidos de fibra óptica submarina del mundo (<https://www.submarinecablemap.com/#/>).

Gráfico 2.4 – Fibras ópticas submarinas



2.2.2. Operador T2 (Tier Two)

Los operadores T2 son los comúnmente llamados “Operadores de Transito” y son los encargados de conectar, a través de su propia red dos o más redes de operadores distintos. En la mayoría de los casos un operador T3 no tiene acceso directo a un operador T1, y para brindar acceso a internet es necesario que pueda conectarse a la red del T1, es aquí donde aparecen los operadores T2 ofreciendo un servicio de transporte del tráfico desde el T3 hasta el punto en donde puede conectarse con el T1.

Los operadores T2 normalmente operan en redes nacionales, se da también el caso en donde algunos operadores T1 también operan como proveedores de interconexión, como proveedores de transito nacional, e inclusive como operadores T3 brindando acceso a internet al usuario final. Esto se puede apreciar en las empresas telefónicas quienes prestan servicios de valor agregado al usuario final, ósea, actúan como T3 ISP, excluyendo estos casos la función general de un T2 que es la de proveer tránsito entre los T1 y los ISPs. La **Tabla 2.2** presenta operadores T2.

Tabla 2.2 – Operadores T2

Operadores T2				
Ampath	AT&T	Auris	Br Telecom	Centenial
Clara	Columbus	BT	Cybernet	Digicel
Entel	Esnet	GBLX	GBnrt	Gilat
Global Carib	Grant	IFX	Intemap	Internet 2
Level 3	Metrored	Navega Newcom	NTT	Orange
FT	Savvis	Seabone	Sprint	TATA
Techtel	Telecom	Telesiwch	Telga	Terramark
Tnet	Twis	Verison	OX	

2.2.2.1. Red Federal de Fibra Óptica (REFEFO)

Con la creación del Plan Nacional de Telecomunicaciones “Argentina Conectada” (Decreto 1552/2010) nace la REFEFO (Red Federal de Fibra Óptica) esta entra en la clasificación de Operador T2 del estado. Cuenta con un tendido de fibra óptica que abarca gran parte del país, proporcionando transporte. La empresa encargada de la administración de esta red es ARSAT (Empresa Argentina de Soluciones Satelitales).

2.2.3. Operador T3 (Tier Three) o ISP

Los operadores T3, o también llamados ISP por sus siglas en ingles de *Internet Service Provider*, son los que tienen una relación directa con el usuario final y les proporcionan acceso a internet y todos los servicios que corren sobre este. En muchos casos los ISPs con mayor participación en el mercado son los T1, los cuales brindan acceso además de su función como proveedor internacional. También existen en cada país un gran número de ISP operados por pequeñas y medianas empresas (Pymes), estos por lo general tienen una baja penetración en la cantidad de clientes que atienden⁹.

⁹ (ITU, 2013)

Los ISP se pueden clasificar en dos categorías según el área en donde brindan sus servicios:

- Los que brindan sus servicios en áreas con alta densidad poblacional y manejan gran parte del mercado en donde tienen presencia.
- Los que son propiedad de Pymes y actúan en la periferia de las grandes ciudades y/o pequeñas poblaciones del interior de los países. Estos para poder acceder a un T1, debido a sus limitaciones de infraestructura, deberán estar sujetos a grandes tarifas por sus acuerdos de tránsito. Esto tiene como consecuencia que sea difícil expandir su presencia en nuevos lugares debido al costoso del tránsito hacia un T1 que pueda brindarle acceso a todos los sitios de internet.

Con el surgimiento de internet, se originó también la necesidad de reutilizar y/o adaptar las redes existentes a este entonces para poder brindar servicio a los usuarios. Inicialmente se requirió una inversión en equipamiento y se reutilizó el cableado existente. Con el paso del tiempo y el avance en investigaciones llegamos a los modos de acceso de última milla que tenemos en la actualidad que se pueden diferenciar en sistemas cableados y sistemas inalámbricos.

2.2.3.1. Sistemas cableados

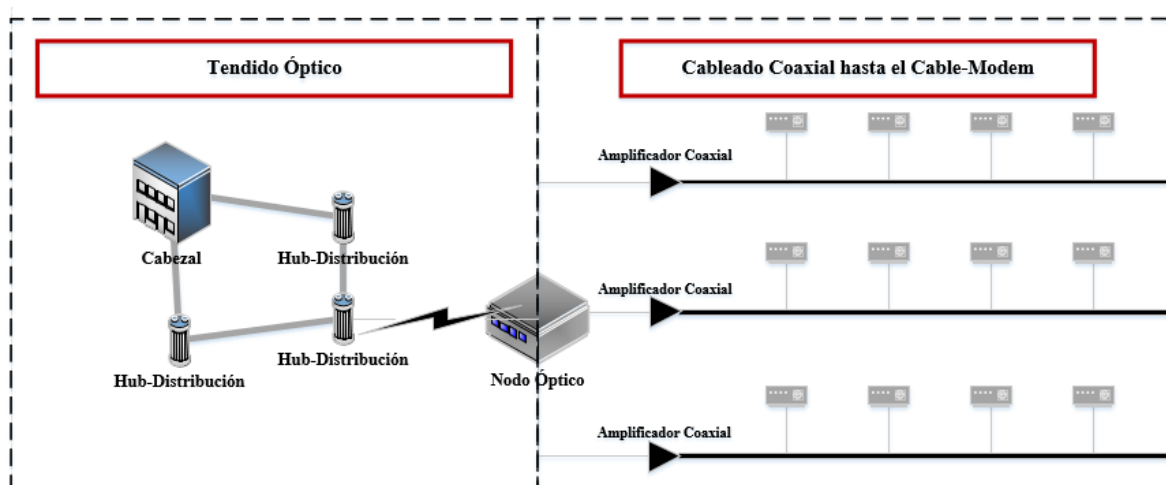
Los sistemas cableados requieren una gran inversión para instalación y mantenimiento de las redes, pero pueden proporcionar velocidades mucho mayores que los sistemas inalámbricos. Entre las tecnologías que requieren cableado para su uso se destacan las siguientes:

2.2.3.1.1. HFC

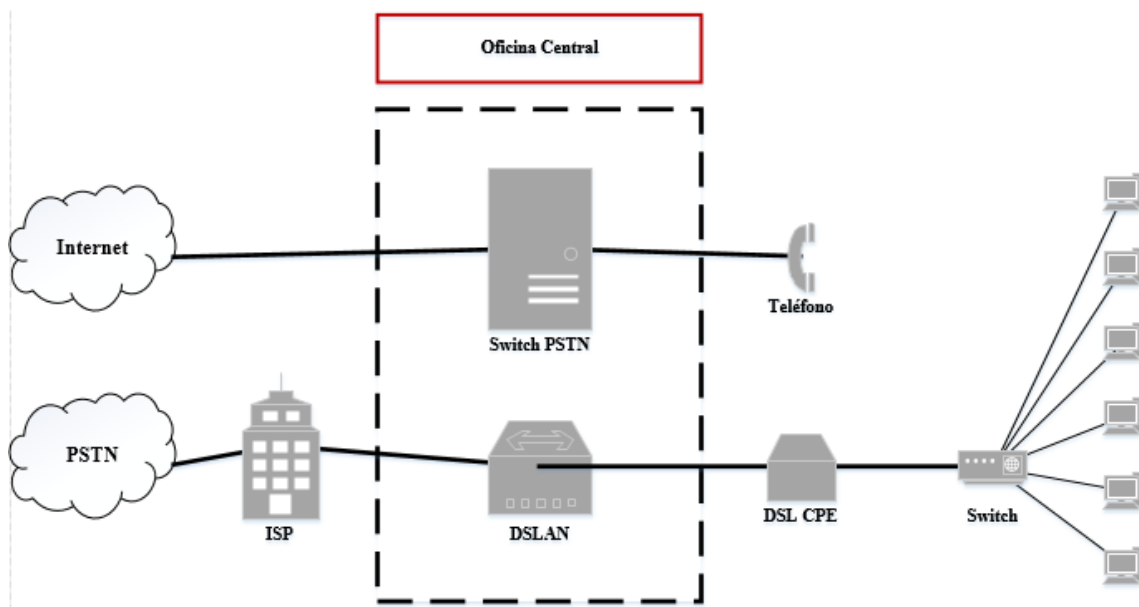
Híbrido de Fibra-Coaxial (*Hybrid Fiber Coaxial*) se denomina así a una red de fibra que está compuesta tanto fibra óptica como cable coaxial para crear una red de banda ancha.

Esta tecnología permite el acceso a internet de banda ancha utilizando las redes de CATV existentes. Se puede dividir la topología en dos partes. La primera consiste en conectar el abonado por medio de cable coaxial a un nodo zonal y a cada nodo zonal servirlo con fibra óptica.¹⁰

¹⁰ (Perez, 2014)

Gráfico 2.5 – Red HFC**2.2.3.1.2. xDSL**

Línea de Abonado Digital (*Digital Subscriber Line*), es una tecnología que provee acceso a internet por medio de cables de una red telefónica local. Para ello modula datos digitales sobre el par trenzado. xDSL es el término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red telefónica.¹¹

Gráfico 2.6 – Red xDSL

¹¹ https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea_de_abonado_digital

Tabla 2.3 – Velocidades de xDSL

Conexiones Asimétricas			
Tipo	Velocidad de subida maxima	Velocidad de bajada maxima	Distancia maxima
ADSL	1 Mbps	8 Mbps	5 Km
RADSL	1 Mbps	7 Mbps	7 Km
VDSL	1.6 Mbps	13 Mbps	1.5 Km
	3.2 Mbps	26 Mbps	0.9 Km
	6.4 Mbps	52 Mbps	0.3 Km

Conexiones Simétricas		
Tipo	Velocidad maxima	Distancia maxima
HDSL	2 Mbps	3.5 Km
HDSL2	2 Mbps	5.4 Km
SDSL	1.5 Mbps	2.7 Km
	160 Kbps	6.9 Km
IDSL	144 Kbps	8 Km

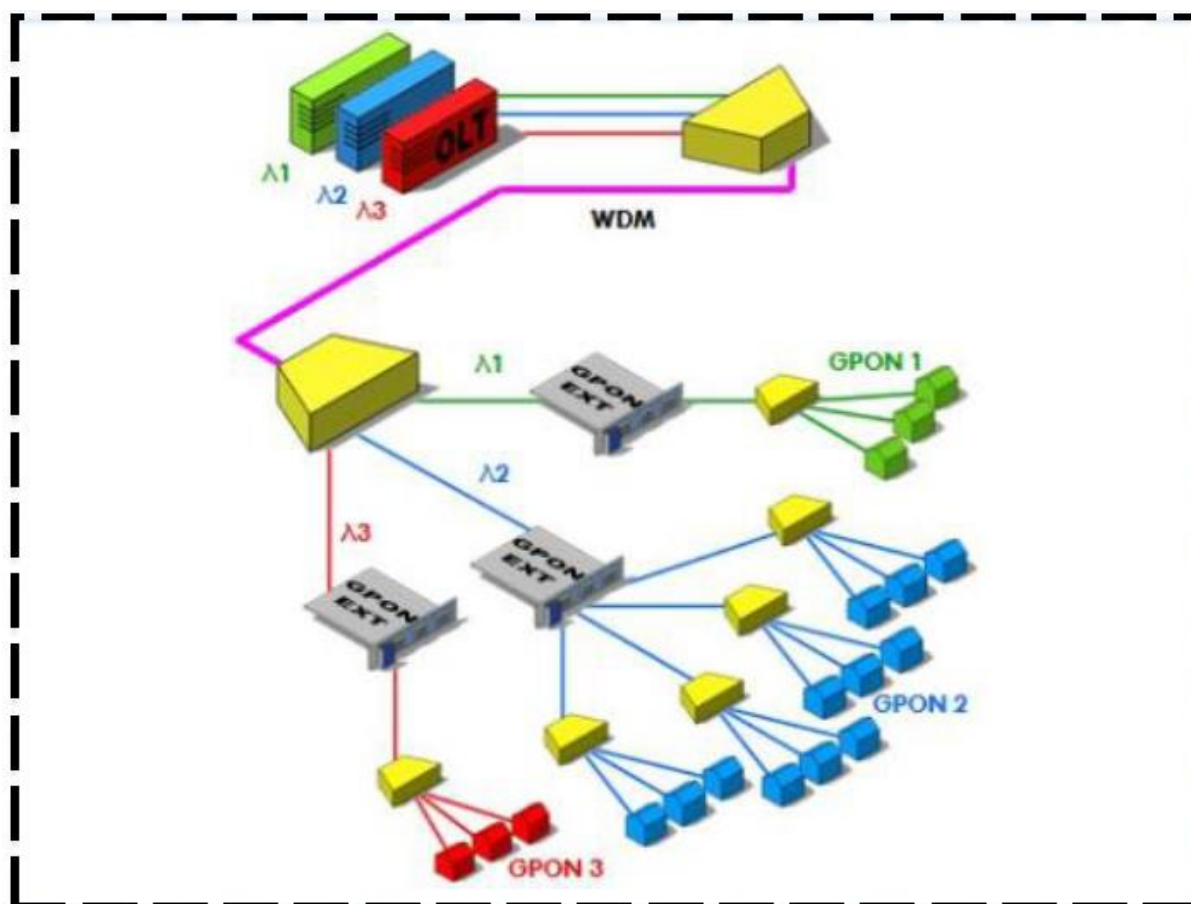
2.2.3.1.3. FTTH

Fibra hasta el Hogar (*Fiber to the Home*) es una tecnología perteneciente a la familia FTTx, y utiliza cables de fibra óptica en su totalidad. La instalación y distribución es similar a las utilizadas en otras redes como pueden ser HFC o xDSL con la diferencia principal que todo el cableado es óptico.

Existe una alternativa en la que todos los componentes de la red son todos pasivos, y se denominan PON o *Passive Optical Network*.¹²

¹² (Perez, 2014)

Gráfico 2.7 – Passive Optical Network



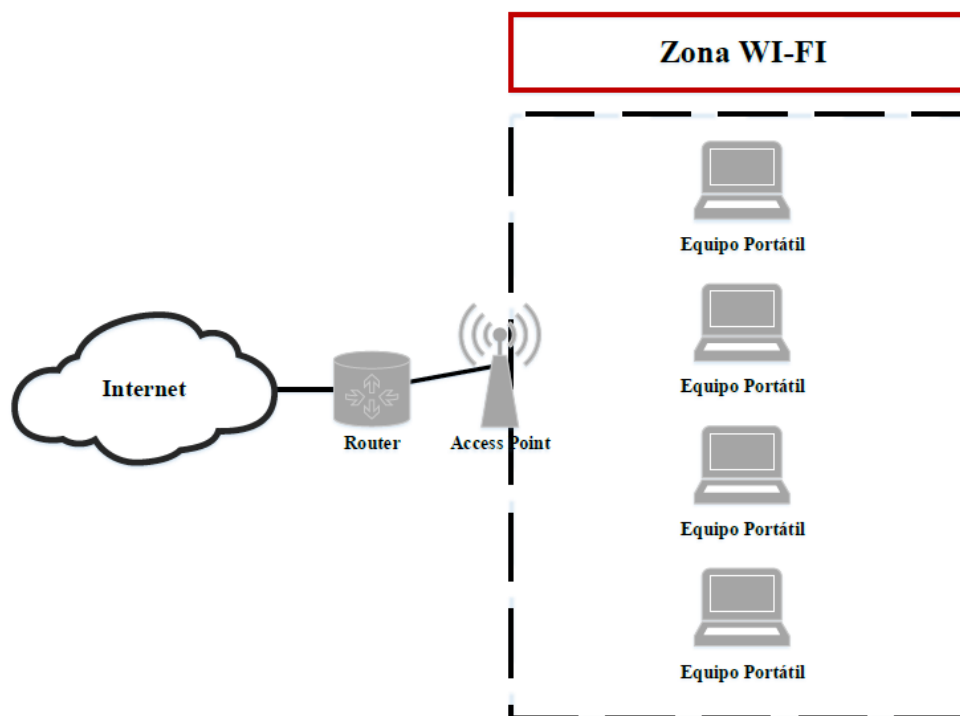
2.2.3.2. Sistemas inalámbricos

Las tecnologías de transmisión inalámbricas vinieron a dar solución de conectividad en lugares en los que el despliegue de la “última milla” resulta muy dificultoso, ya que requieren una elevada inversión la cual no se justifica en la mayoría de los casos. Esto se debe a que la infraestructura requerida para poder brindar servicio mediante un sistema cableado está lejos de cumplir con los parámetros técnicos necesarios, y también puede estar imposibilitado por la geografía del terreno. Entre las tecnologías inalámbricas se destacan las siguientes:

2.2.3.2.1. WI-FI

Es el nombre comúnmente conocido para el estándar IEEE 802.11, utiliza la banda de 2,4 Ghz la cual está disponible universalmente, puede llegar a velocidades de 11 Mbit/s para el estándar IEEE 802.11b, a 54 Mbit/s para el estándar IEEE802.11g y a 300 Mbit/s para el estándar IEEE 802.11n. En la actualidad se maneja también con el nombre de WI FI 5 el estándar IEEE 802.11ac, este opera en la banda de 5,8 Ghz y permite velocidades de 1,3 Gbit/s utilizando una diversidad de 3 antenas. Estas tecnologías resultan importantes para poder cubrir las necesidades de cobertura en localidades con una baja densidad poblacional. En otros casos, actúa como un complemento a las redes cableadas quienes no pueden atender a todos los posibles usuarios. Los proveedores de internet que utilizan WI Fi para prestar servicio dependen

inevitablemente de un proveedor mayor, que les provea el ancho de banda necesario para poder dar servicio. Esta tecnología no requiere la adquisición de una licencia para el uso de la banda en la que presta servicio, esto es una ventaja para los pequeños y medianos ISPs ya que no tienen que pagar el uso de la banda al ente regulador de la región¹³.

Gráfico 2.8 – Punto de acceso y estaciones WIFI

2.2.3.2.2. WiMAX

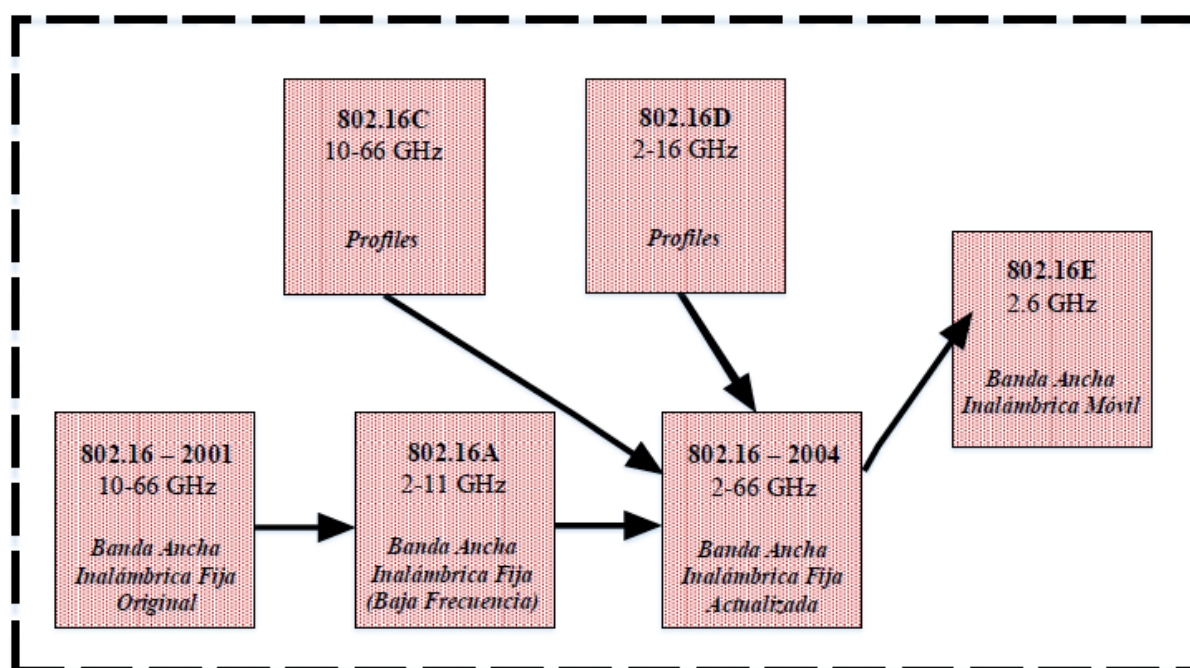
Worldwide Interoperability for Microwave Access es el nombre comercial de un grupo de tecnologías inalámbricas que emergieron de la familia de estándares WirelessMAN (IEEE 802.16). Es una tecnología basada en estándares que permite al abonado la conectividad de banda ancha inalámbrica en uso fijo, nómada, portátil y móvil sin necesidad de visión directa de la estación base. La **Tabla 2.4** refleja los avances del estándar y el **Gráfico 2.9** la evolución de esta tecnología.

¹³ (RFC5416, 2009)

Tabla 2.4 – Avances WiMAX

Características WiMAX					
Frecuencias	Velocidad Teórica	Velocidad Práctica	Línea de vista	Movilidad	Transmisión
10 a 66 GHz	134 Mbps	100 Mbps	SI	NO	Punto a Punto
2 a 11 GHz	75 Mbps	30 Mbps	NO	NO	Punto - Multipunto
10 a 66 GHz	75 Mbps	30 Mbps	NO	NO	Punto - Multipunto
2 a 66 GHz	70 Mbps	40 Mbps	NO	NO	Punto - Multipunto
2 a 6 GHz	15 Mbps	15 Mbps	NO	SI	Punto - Multipunto

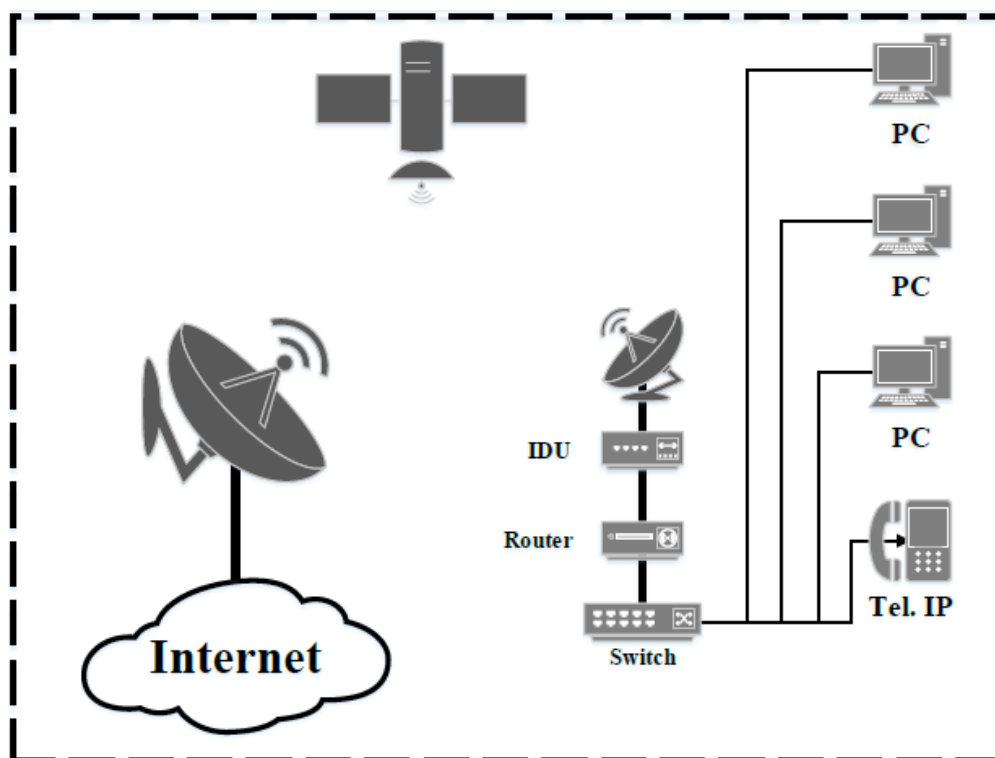
Gráfico 2.9 – Avances WiMAX



2.2.3.2.3. Satélites

Un enlace satelital se conforma por tres etapas. Dos están ubicadas en las estaciones terrestres, a la estación terrena de subirá se la denomina “telepuerto” y es la encargada de la retransmisión de distintos servicios hacia el satélite. La segunda estación es la del usuario y se la denomina estación receptora, la misma cuenta con una antena parabólica para recibir la señal y una “unidad de interior” (IDU – *In-DoorUnit*) encargada de decodificar la señal que recibe desde el satélite. La tercera etapa de este sistema es el transpondedor o satélite, encargado de recibir la señal del telepuerto y retransmitirla.

Gráfico 2.10 – Enlace satelital



Los satélites utilizados para las telecomunicaciones son los denominados geoestacionarios. Como su nombre lo dice, estos satélites permanecen estacionarios con respecto a la superficie de la tierra y se encuentran a una distancia de 36.000 Km. Dentro de esta modalidad de comunicaciones existen diferentes bandas de transmisión con sus ventajas y desventajas y se detallan a continuación¹⁴:

- **Banda L**
 - Rango de frecuencias: 1,53 – 2,7 Ghz.
 - Estas longitudes de onda pueden penetrar a través de las estructuras terrestres, precisan de transmisores de menos potencia.
 - Poca capacidad de transmisión de datos.
- **Banda Ku**
 - Rango de frecuencias: en recepción 11,7-12,7 GHz, y en transmisión 14-17,8 GHz.
 - Las longitudes de onda medianas penetran la mayoría de los obstáculos y transportan una gran cantidad de datos.
 - La mayoría de las bandas están adjudicadas.
- **Banda Ka**
 - Rango de frecuencias: 18-31GHz.
 - Se dispone de espectro de ubicaciones disponible; las longitudes de onda transportan grandes cantidades de datos.

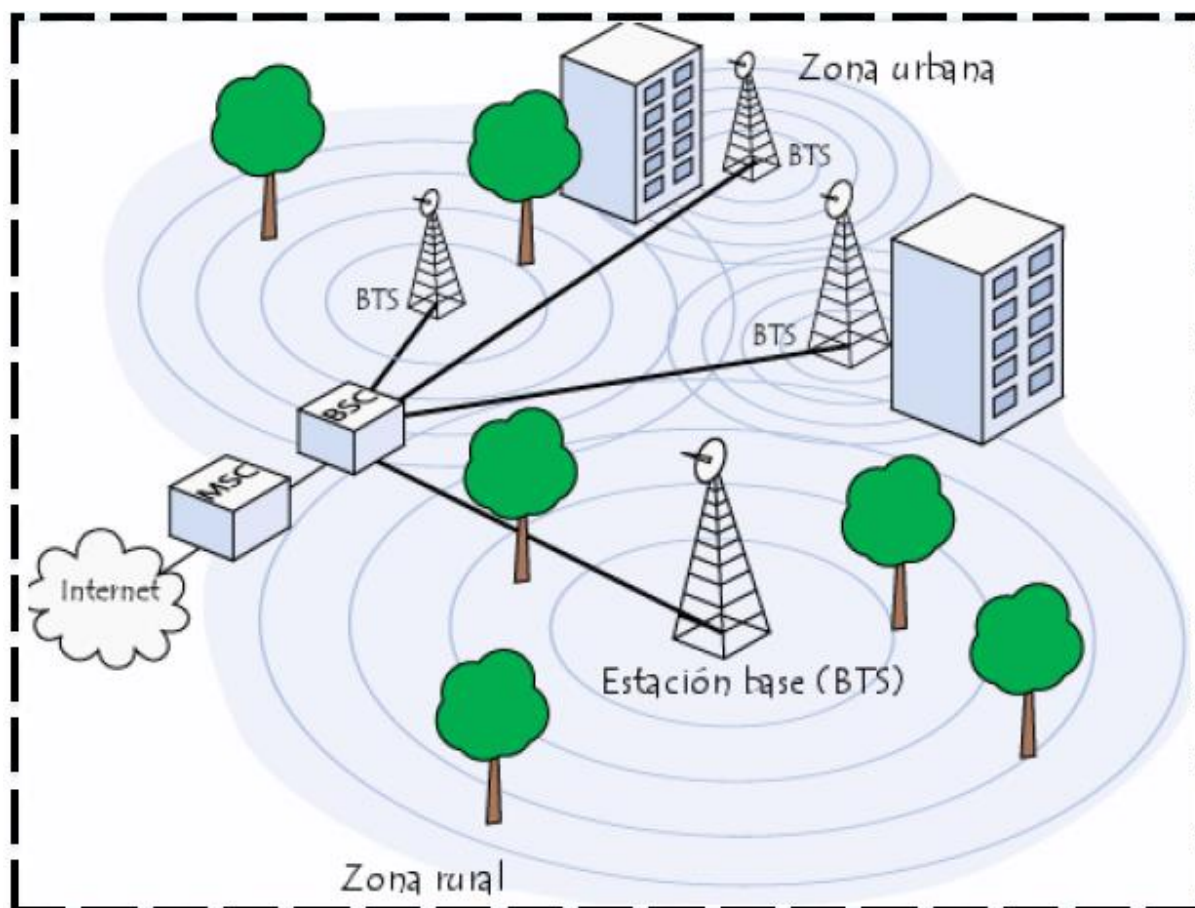
¹⁴ (ITU, 2013)

- Son necesarios transmisores muy potentes, y son sensibles a interferencias ambientales.
- **Banda C**
 - Rango de frecuencias: 18-31 GHz.
 - Se dispone de espectro de ubicaciones disponibles; las longitudes de onda transportan grandes cantidades de datos.
 - Son necesarios transmisores muy potentes; y son sensibles a interferencias ambientales.

2.2.3.2.4. Telefonía celular

Las redes celulares como opción de acceso a la banda ancha gana popularidad en los últimos años debido a las prestaciones y características de las redes celulares. Existen diferentes opciones al acceso de banda ancha móvil, una de ellas es la utilización del teléfono celular como modem de datos y la otra es la utilización de un modem generalmente denominado USB (Modem Universal Serial Bus) o también denominados modem pendrive (Modem USB flash drive). Estas tecnologías utilizan la banda de 3g y 4g para obtener servicio de banda ancha.

Gráfico 2.11 – Red Celular



3. Direccionamiento y comunicación entre proveedores

Para que los usuarios de internet puedan comunicarse entre sí, es necesario que “hablen el mismo idioma”. En comunicaciones a esto se lo denomina protocolos de comunicación. Un protocolo se define como *un conjunto de reglas y especificaciones técnicas que permiten la comunicación entre extremos de manera fiable. Se trata de las reglas o el estándar que define la sintaxis, semántica, sincronización de la comunicación y métodos para la recuperación de errores*¹⁵.

Para reducir la complejidad de su diseño, la mayoría de las redes están organizadas como una pila de capas o niveles, cada una construida a partir de la que está debajo de ella. El número de capas, así como el nombre de cada una de ellas varían de red en red. El propósito de cada capa es ofrecer ciertos servicios a las capas superiores, a las cuales no se les muestran los detalles reales de implementación de los servicios ofrecidos. Los modelos de referencia OSI y TCP/IP son los utilizados para la comunicación por internet. Aunque los protocolos asociados con el modelo OSI están prácticamente fuera de uso, el modelo en si es muy general y aun es válido, y las características tratadas en cada capa aún son muy importantes. El modelo TCP/IP tiene las propiedades opuestas, en si no se utiliza mucho, pero los protocolos sí.

3.1. Modelo de referencia OSI

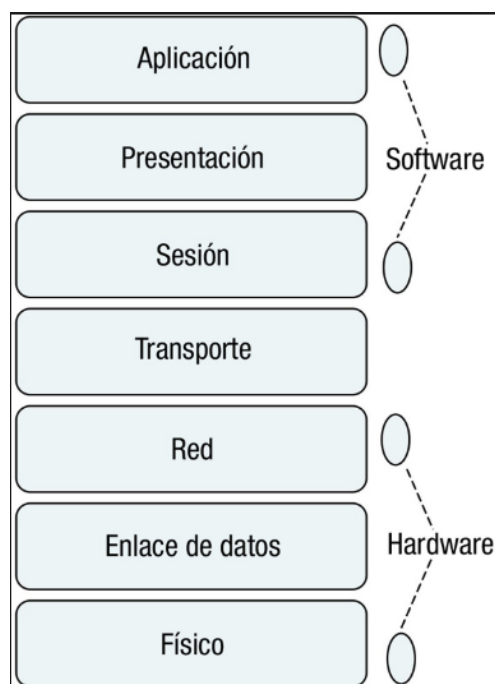
Este modelo está basado en una propuesta desarrollada por la ISO (*International Organization for Standardization*) como un primer paso hacia la estandarización internacional de los protocolos utilizados en varias capas¹⁶. El modelo se llama OSI (*Open System Interconnection*) porque propone un estándar para la conexión entre sistemas abiertos, es decir, sistemas que están abiertos a la comunicación con otros sistemas.

Como se muestra en el **gráfico 3.1**, el modelo OSI tiene siete capas.

¹⁵ (Tanenbaum, 1981)

¹⁶ (Zimmermann, 1983)

Gráfico 3.1 – Modelo de referencia OSI



- **Aplicación:** actúa como ventana para los usuarios y los procesos de aplicaciones para tener acceso a servicios de red. Las funciones de esta capa son acceso a archivos remotos, acceso a la impresora, administración de la red, etc.
- **Presentación:** da formato a los datos que deberán presentarse en la capa de aplicación. Se puede decir que es el traductor de la red. Esta capa puede traducir de un formato utilizado por la capa de aplicación de la estación emisora y realizar el proceso inverso en la estación receptora. Para ello, proporciona traducciones de caracteres, conversión de datos, compresión de datos y cifrado de datos.
- **Sesión:** permite el establecimiento de sesiones entre procesos que se ejecutan en diferentes estaciones. Para ello, proporciona establecimiento, mantenimiento y finalización de sesiones.
- **Transporte:** garantiza que los mensajes se entregan sin errores, en secuencia y sin pérdidas o duplicaciones. Libera a los protocolos de capas superiores de cualquier cuestión relacionada con la transferencia de datos entre ellos y sus partes. Para ello, la capa de transporte proporciona segmentación de mensajes, confirmación de mensajes, control de tráfico en mensajes y multiplexación de sesión.
- **Red:** controla el funcionamiento de la subred, decidiendo que ruta de acceso física deberían tomar los datos en función de las condiciones de la red, la prioridad de servicio y otros factores. Para ello la capa de red proporciona enrutamiento, control de tráfico de subred, fragmentación de tramas. Asignación de direcciones lógico-físicas y contabilidad del uso de la subred.
- **Enlace de datos:** ofrece una transferencia sin errores de tramas de datos desde un nodo a otro a través de la capa física, permitiendo a las capas por encima asumir virtualmente la transmisión sin errores a través del vínculo. Para ello, la capa de enlace proporciona el establecimiento y finalización de sesiones lógicas entre los nodos, transmite y recibe tramas secuencialmente, y detecta errores y

se recupera de ellos cuando se producen en la capa física mediante una solicitud de retransmisión de tramas.

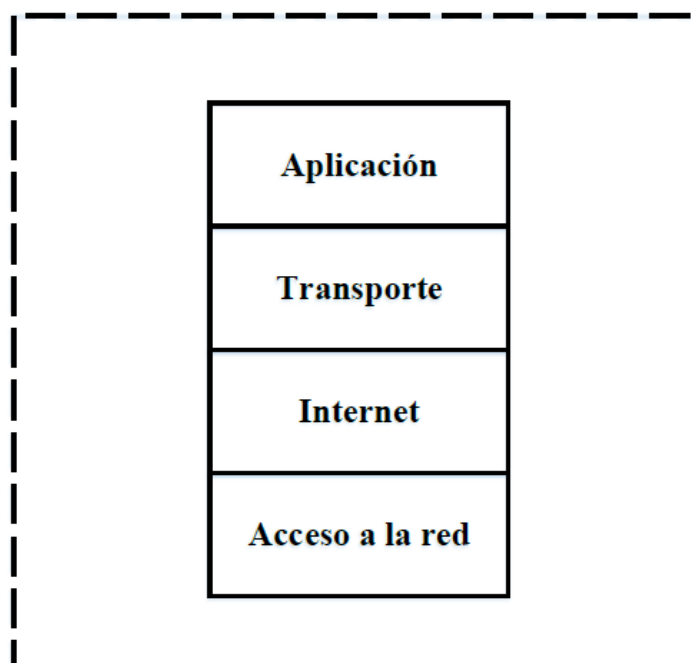
- **Física:** se encarga de la transmisión y recepción de una secuencia no estructurada de bits sin procesar a través de un medio físico. Describe las interfaces eléctricas/ópticas, mecánica y funcional al medio físico, y lleva las señales al resto de las capas superiores. Para ello la capa física proporciona codificación de datos, modificando el modelo de señal digital (1 y 0) acomodándolo mejor a las características del medio físico.

3.2. Modelo de referencia TCP/IP

El modelo TCP/IP surge con la red ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network*) que fue la red de investigación del DoD (Departamento de Defensa de los Estados Unidos). Ante el temor del DoD de que alguno de sus hosts, router y Gateway dejara de existir por motivo de un ataque o algún desperfecto necesitaban que la red pudiera hacer frente sin dejar de brindar servicios de comunicación. Es allí donde surge el modelo TCP/IP que permitía la comunicación siempre y cuando el host de origen y destino se mantengan intactos.

El modelo TCP/IP, influenciado por el modelo OSI, también utiliza el modelo de capas, pero reduce esta cantidad a solo 4 capas. Las capas del modelo TCP/IP tienen tareas muchos más diversas que las del modelo OSI, considerando que ciertas capas del modelo TCP/IP se corresponden con varios niveles del modelo OSI como se puede apreciar en el **gráfico 3.2**.

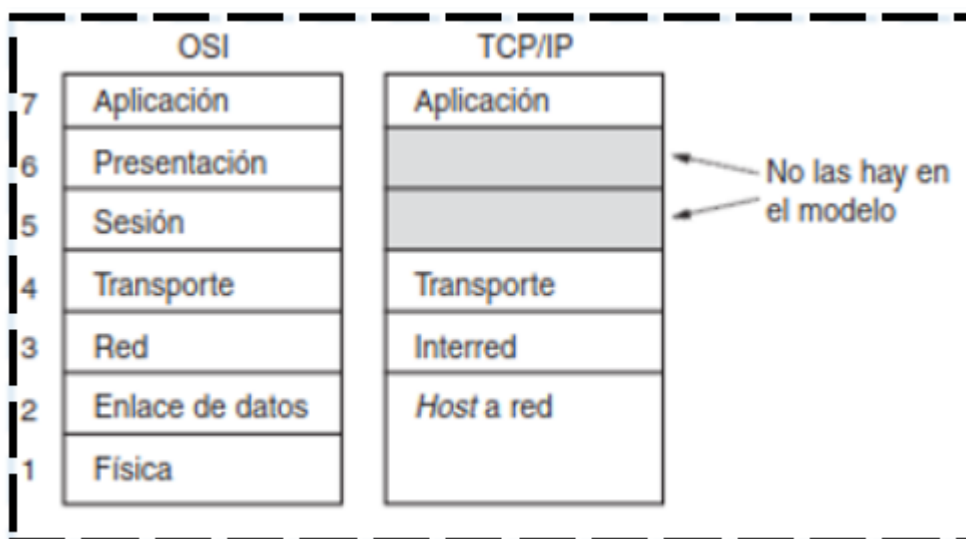
Gráfico 3.2 – Modelo de referencia TCP/IP



- **Aplicación:** contiene todos los protocolos de nivel más alto. Incluye TELNET (Telecommunication Network), FTP (File Transfer Protocol), SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), DNS (Domain Name System), HTTP (Hypertext Transfer Protocol), entre otros.

CAPITULO 3: Direccionamiento y comunicación entre proveedores

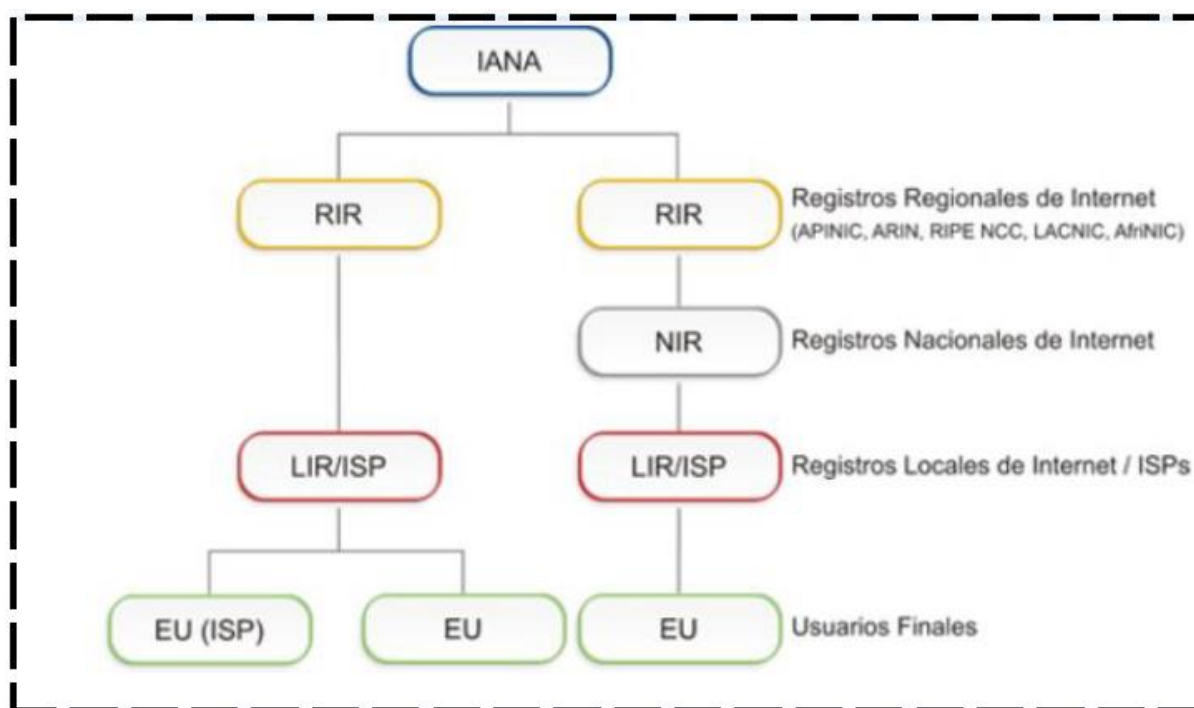
- **Transporte:** diseñada para permitir que las entidades iguales en los hosts de origen y destino puedan llevar a cabo una conversación, tal como lo hace la capa de transporte en el modelo OSI. Aquí se han definido dos protocolos de transporte de extremo a extremo. El primero, TCP (*Transmission Control Protocol*), es un protocolo confiable, orientado a la conexión, que permite que un flujo de bytes que se origina en una máquina se entregue sin errores en cualquier otra máquina en la red. Divide el flujo de bytes entrantes en mensajes discretos y pasa cada uno de ellos a la capa de red. En el destino, el proceso TCP receptor reensambla en el flujo de salida los mensajes recibidos en el orden en que fueron enviados. El segundo protocolo de esta capa, UDP (*User Datagram Protocol*), es un protocolo no orientado a la conexión para aplicaciones que no son necesarias la secuenciación o el control de flujo. También tienen un amplio uso en consultas únicas de solicitud-respuesta de tipo cliente-servidor en un solo envío, así como aplicaciones en la que la entrega puntual es más importante que la precisa, como es el caso de la transmisión de voz y video.
- **Internet:** permite que los hosts inyecten paquetes dentro de cualquier red y que estos viajen a su destino de manera independiente. Tal vez lleguen en un orden diferente al que fueron enviados, en ese caso las capas más altas deberían ordenarlos si es necesario. La capa de internet define un paquete de formato y protocolo oficial llamado IP. El trabajo de esta capa es entregar paquetes IP al destinatario. Aquí, el enrutamiento de paquetes es claramente el aspecto principal, con el propósito de evitar la congestión. Es aquí donde se ve la similitud con la capa de red del modelo OSI, el **gráfico 3.3** muestra esta similitud.
- **Acceso a la red:** ofrece la capacidad de acceder a cualquier red física, es decir, brinda los recursos que se deben implementar para transmitir datos a través de la red sin importar cuál es el medio físico a utilizar.

Gráfico 3.3 – OSI vs TCP/IP

3.3. Distribución de direcciones y organismos de asignación

La distribución de espacio de los recursos de numeración sigue un esquema jerárquico. La responsabilidad de la administración del espacio de direcciones de IP está distribuida globalmente de acuerdo con la estructura jerárquica como se muestra en el **gráfico 3.4.**¹⁷

Gráfico 3.4 – Distribución de direcciones por LACNIC



3.3.1. IANA (Internet Assigned Number Authority)

IANA es responsable de distribuir parte del espacio global de las direcciones IP y los números de sistema autónomo a Registros regionales de acuerdo a las necesidades establecidas.

3.3.2. Registro de Internet (IR)

Un Registro de Internet (IR) es una organización responsable de la distribución de espacios de direcciones IP a sus miembros o clientes y del registro de esa distribución. Los IRs están clasificados de acuerdo a su función principal y alcance territorial dentro de la estructura jerárquica mencionada con anterioridad.

3.3.3. Registro de Internet Regional (RIR)

Los Registros de Internet Regionales (RIRs) son establecidos y autorizados por las comunidades regionales respectivas, y reconocidos por el IANA para servir y representar grandes regiones geográficas. El rol principal de los RIRs es administrar y distribuir los recursos de internet dentro de las respectivas regiones.

¹⁷ (Lacnic, 2017)

3.3.4. Registro de Internet Nacional (NIR)

Un Registro de Internet Nacional (NIR) distribuye, principalmente, los recursos de internet a sus miembros y constituyentes, los cuales generalmente son los LIRs.

3.3.5. Registro de Internet Local (LIR)

Registro de Internet Local (LIR) es un IR que a su vez asigna recursos de internet a usuarios de los servicios de red que este provee. Los LIRs son generalmente ISPs, cuyos clientes son principalmente usuarios finales y posiblemente otros ISPs

3.3.6. Proveedor de Servicios de Internet

Un Proveedor de Servicios de internet asigna principalmente espacio de direcciones IP a los usuarios finales de los servicios de red que este provee. Sus clientes pueden ser otros ISPs. Los ISPs no tienen restricciones geográficas como lo tienen los NIRs.

3.3.7. Usuario Final (EU)

Un Usuario Final o también denominado suscriptor, es el que tiene una relación de negocios con un ISP.

3.4. Sistemas Autónomos (AS)

Un sistema autónomo o AS (*Autonomous System*) se define como un grupo de redes IP que poseen una política de enrutamiento independiente. Esta definición pone en evidencia la principal característica de un AS y es que cada AS realiza la gestión de su tráfico interno, como así también el tráfico saliente a otros AS que pertenecen a internet¹⁸.

La expresión Sistema Autónomo es con frecuencia interpretada incorrectamente como apenas una forma conveniente de agrupar redes que están bajo de una misma gestión. Sin embargo, en el caso en que hay más de una política de ruteo en el grupo, más de un AS es necesario. Por otro lado, si el grupo de redes posee la misma política que los otros grupos, estos quedan dentro del mismo AS independientemente de la estructura de la gestión. De esta manera, por definición, todas las redes que componen un AS comparten la misma política de ruteo.

Los AS pueden agruparse en tres categorías, dependiendo de sus conexiones y modo de operación:

- **AS STUB:** se conecta únicamente con un AS
- **AS de tránsito:** se conecta con varios AS y además permite que se comuniquen entre ellos.
- **AS multihomed:** se conectan con varios AS pero no soporta el tráfico de tránsito entre ellos.

¹⁸ RFC 1930

3.4.1. Numero de Sistema Autónomo (ASN)

Cada sistema autónomo tiene un número asociado, denominado ASN (*Autonomous System Number*), el cual es usado como un identificador para el AS en el intercambio de información en el ruteo externo. Los protocolos de ruteo externos tales como BGP, se tratará en la **sección 3.5.2.1**, son usados para intercambiar información de ruteo entre AS.

Con el objetivo de disminuir la complejidad de las tablas de rutas globales, un nuevo ASN, debe ser asignado solamente en el caso en que una nueva política de ruteo es necesaria.

Compartir un mismo ASN entre un grupo de redes que no están bajo de la misma gestión va a requerir una coordinación adicional entre los administradores de las redes y en algunos casos, va a requerir un rediseño de la red.¹⁹

3.4.2. Terminología y representación de un ASN

Los números de sistemas autónomos de 16 bits fueron definidos en la RFC 1930 y se utilizará para su identificación números enteros del 0 al 65535. Igualmente, los números de sistemas autónomos de 32 bits fueron definidos por la RFC 4893 y se utilizarán para su identificación números enteros del 0 al 4294967295. Utilizando en ambos casos la representación textual del valor decimal "*asplain*" definida en el RFC 5396.

IANA toma la siguiente terminología para los ASN de 16 y 32 bit:

- "Números de AS sólo de 16 bits" se refiere a Números de AS en el rango de 0 – 65535
- "Números de AS sólo de 32 bits" se refiere a Números de AS en el rango de 65536 – 4294967295
- "Números de AS de 32 bits" se refiere a Números de AS en el rango de 0 – 4294967295.

3.4.3. Reserva de los últimos ASN

El RFC1997 y IANA reservan el ultimo ASN del rango de 16 bit, 65535, con la intención de ser utilizado por los operadores de red que ejecutan BGP definido en el RFC4271. Desde la introducción de "*BGP Support for Four-Octet Autonomous System (AS) space number*" definido en el RFC6793, IANA también reservo el ultimo ASN del rango de 32 bit, 4294967295. Aunque estos "últimos ASN" se limitan a un uso privado, definido por el RFC 6996, IANA no los define aun para un uso privado.²⁰ Las **tablas 3.1** y la **tabla 3.2** muestran los números de AS y su asignación.

¹⁹ (<http://www.lacnic.net/546/1/lacnic/3-distribucion-de-numeros-de-sistema-autonomo-asn>, s.f.)

²⁰ <https://tools.ietf.org/html/rfc7300#ref-IANA.AS>

Tabla 3.1 – ASN de 16 bits

ASN de 16 bits	
Numero de AS/bloque	Asignacion
0	Reservado
1-48127	Asignado
48128-54271	Sin asignar
54272-64511	Reservado por IANA
64512-65534	Libre para uso interno (rango privado)
65535	Reservado

Tabla 3.2 – ASN de 32 bits

ASN de 32 bits	
Numero de AS/bloque	Asignacion
0.0 - 0.65535	Antiguos ASN de 16 bits
1.0 - 1.65535	Reservado
2.0 - 2.1023	Asignado a APNIC
2.1024 - 2.65535	Sin asignar
3.0 - 3.1023	Asignado a RIPE NCC
3.1024 - 3.65535	Sin asignar
4.0 - 4.1023	Asignado a LACNIC
4.1024 - 4.65535	Sin asignar
5.0 - 5.1023	Asignado a AfriNIC
5.1024 - 5.65535	Sin asignar
6.0 - 6.1023	Asignado a ARIN
6.1024 - 65535.65534	Sin asignar
65535 - 65535	Reservado

3.5. Comunicación entre sistemas autónomos

Para que una comunicación entre dos usuarios sea posible existen dos realidades. La primera es, si los dos usuarios quieren comunicarse y pertenecen al mismo AS, intervienen una serie de protocolos denominados IGP, descrito en la sección 3.5.1 que permiten que se realice la comunicación. Si la comunicación que se quiere realizar entre dos usuarios de diferentes AS, interviene tanto los IGP como los EGP, descritos en la sección 3.5.2, es un conjunto de protocolos que permiten que un mensaje generado por un usuario dentro de un AS determinado pueda transportarse hasta ingresar al segundo AS en donde será redirigido hasta el destino.

3.5.1. Interior Gateway Protocol (IGP)

El Interior Gateway Protocol (IGP) o Protocolo de Pasarela Interior hace referencia al conjunto de protocolos utilizado para el enrutamiento dentro de los AS. Estos protocolos intercambian información de enrutamiento entre los diferentes router que pertenecen al mismo AS. Los IGP se pueden dividir básicamente en dos categorías. La primera son los protocolos Vector-Distancia, en este protocolo ningún router tiene la información completa sobre la topología de red, en lugar de ello se comunica con los demás router para saber a qué distancia se encuentran y genera una tabla para ser utilizada posteriormente para las comunicaciones. La segunda son los protocolos

CAPITULO 3: Direccionamiento y comunicación entre proveedores

Enlace-Estado, en este protocolo cada nodo posee información completa de la topología de red, de esta manera puede calcular cada salto para luego decidir cuál es el más conveniente para luego decidir según su criterio. La **tabla 3.3** muestra algunos ejemplos de protocolos IGP.

Tabla 3.3 – Tipos de IGP

Interior Gateway Protocol	
Protocolos Vector-Distancia	Protocolos Enlace-Estado
Routing Information Protocol o RIP	Open Shortest Path First o OSPF
Interior Gateway Routing Protocol o IGRP	Intermediate System to Intermediate System o IS-IS

Si bien tienen conceptos diferentes a la hora de elegir las rutas por donde enviaran los paquetes, todos estos protocolos en la capa de red del modelo OSI o TCP/IP utilizan el protocolo IP para el enrutamiento.

3.5.1.1. IPv4

Internet Protocol o Protocolo de Internet, según el modelo OSI es un protocolo de comunicaciones de datos que pertenece a la capa de Red. Este protocolo implementa dos funciones básicas:

- Fragmentación
- Direccionamiento

La fragmentación consiste en subdividir los segmentos de la capa de transporte en datagramas, a los cuales por medio del método de direccionamiento se le asignara una dirección única, denominada dirección IP. Este protocolo no es orientado a la conexión, por lo que trata a cada datagrama como un paquete individual con respecto a cualquier otro.

IPv4 es la cuarta versión del IP, pero es la primera que se implementó de forma extensiva. Esta descrita por el RFC 791 y es el protocolo por excelencia de la capa de Red del modelo TCP/IP.

El protocolo de internet utiliza cuatro mecanismos clave para proporcionar su servicio:

- Tipo de servicio
- Tiempo de vida
- Opciones
- Checksum

Tipo de servicio: se usa para indicar la calidad del servicio deseado. El tipo de servicio es un conjunto abstracto y generalizado de parámetros que caracterizan las opciones de servicio proporcionadas en las redes que componen internet. Este tipo de indicación de servicio debe ser utilizado por los router para seleccionar los parámetros de transmisión para una red en particular, la red que utilizara para el próximo salto, o el próximo router por donde se ruteara el datagrama.

CAPITULO 3: Direccionamiento y comunicación entre proveedores

Tiempo de vida: es el límite superior en la vida útil de un datagrama de internet. Lo establece el remitente del datagrama y se ve reducido en cada salto que el datagrama hace en su viaje a través de la red. Si el tiempo de vida llega a cero antes de que el datagrama llegue a su destino, este se destruye. El tiempo de vida puede tomarse como un límite de tiempo para la autodestrucción del datagrama.

Las opciones: proporcionan funciones de control necesarias o útiles en algunas situaciones, pero innecesarias para las comunicaciones comunes. Las opciones incluyen marcas de tiempo, seguridad y enrutamiento especial.

Checksum del encabezado: proporciona una verificación de que la información utilizada en el procesamiento de datagrama se mantuvo correcta durante la transmisión. Los datos pueden contener errores. Si la suma de comprobación del encabezado falla, la entidad que está procesando el datagrama lo descartará de inmediato.²¹

3.5.1.1.1. Representación de direcciones

Las direcciones IPv4 consisten en un número binario de 32 bits lo cual limita el espacio de direccionamiento a 4294967296 direcciones. Se pueden escribir de forma que expresen un entero de 32 bits, aunque normalmente se escriben con decimales separados por puntos. Cada campo decimal representa un octeto de los 32 bits que conforman la dirección. La **tabla 3.4** muestra diferentes formas de representar las direcciones IP.

Tabla 3.4 – Representación de direcciones IPv4

Representación de direcciones IPv4		
Notación	Valor	Conversión desde decimal separado por puntos
Decimal separado por puntos	192.0.2.235	—
Hexadecimal separada por puntos	0xC0.0x00.0x02.0xEB	individualmente a la forma hexadecimal
Octal separada por puntos	0301.1680.0002.0353	Cada octeto se convierte individualmente en octal
Hexadecimal	0xC00002EB	Concatenación de octetos de la forma hexadecimal separada por puntos
Decimal	3221226219	El número hexadecimal expresado en decimal
Octal	30000001353	El número hexadecimal expresado en octal

²¹ RFC 791

3.5.1.1.2. Asignación de direcciones

- **Direcciones IPv4 públicas:** Las direcciones IPv4 públicas constituyen el espacio de direcciones de internet. Estas son distribuidas para ser globalmente únicas de acuerdo a los objetivos que se describirán más adelante en este documento. El principal propósito de este espacio de direcciones es permitir la comunicación usando el IPv4 sobre internet. El propósito secundario es permitir la comunicación entre redes privadas interconectadas.
- **Direcciones IPv4 privadas:** Algunos rangos de direcciones IPv4 han sido reservados para la operación de redes privadas. Cualquier organización puede usar estas direcciones IPv4 en sus redes privadas sin la necesidad de solicitarlo a algún Registro de Internet. La principal condición establecida para el uso de direcciones IPv4 privadas es que los dispositivos que usen estas direcciones IPv4 no necesiten ser alcanzados desde Internet. El RFC 1918 da una descripción detallada acerca del espacio de direcciones IPv4 privado. La IANA, establece que los tres siguientes bloques de direcciones IP son para el uso en redes privadas:

10.0.0.0 – 10.255.255.255 (prefijo 10/8)

172.16.0.0 – 172.31.255.255 (prefijo 172.16/12)

192.168.0.0 – 192.168.255.255 (prefijo 192.168/16)

Una empresa que decida usar direcciones IP del espacio de direcciones definidos en el RFC 1918 puede hacerlo sin necesidad de tener que pedir autorización a la IANA o con un registro de internet de la región en donde resida. Las direcciones de este espacio de direcciones privado solo serán únicas dentro de la red de la empresa, o conjunto de empresas que decidan trabajar de forma conjunta sobre este espacio para poder comunicarse entre ellas.

- **Direcciones IPv4 especiales o reservadas:** Estas son rangos de direcciones IPv4 reservadas para aplicaciones como el multicasting, estas direcciones IPv4 están descritas en el RFC 1112 y para propósitos de este trabajo están más allá del contexto del mismo.²²

3.5.1.1.3. Desperdicio de direcciones

El desperdicio de direcciones IPv4 se debe a varias razones. La primera es que desde que se creó la versión 4 de este protocolo no se consideró el enorme crecimiento que tendría internet con el pasar de los años.

La segunda razón por la cual se produce un desperdicio de las direcciones IP es que, en la mayoría de las redes, resulta conveniente dividir la red en subredes. Dentro de cada subred, la primera y la última dirección no son utilizables, además se asignan bloques fijos de direcciones a cada subred, por ejemplo, una red que tenga 70 host se le tendrá que asignar un bloque de 128 direcciones, con lo cual quedan 56 direcciones sin utilizar.

²² (<https://www.lacnic.net/545/1/lacnic/2-direcciones-ipv4>, s.f.)

3.5.1.1.4. Agotamiento de direcciones

En los últimos años, el uso de internet se vio incrementado de forma exponencial debido a las grandes prestaciones que este brinda. Un factor que impulso este crecimiento fue la aparición de los *Smartphone*. Además, desde ya hace un tiempo es habitual ver que es mayor la cantidad de usuarios con acceso a un dispositivo que se conecte a internet, esto va desde niños pequeños hasta adultos mayores. Teniendo en cuenta que las direcciones IPv4 tan solo son 4294967296 direcciones, y que más del 50% de la población del mundo tiene acceso²³. Esto deja en evidencia que el agotamiento no está lejano a ocurrir.

LACNIC define 4 fases de agotamiento de direcciones las cuales se puede ver en su página web.²⁴

3.5.1.1.5. NAT como atenuante al agotamiento

Una de las principales alternativas que ayudan a mitigar el agotamiento de las direcciones IPv4 es la traducción de direcciones de red o NAT (*Network Address Translation*). Definido en el RFC 2663 y consiste en realizar una traducción una a una las direcciones IP adaptando redes que mutuamente asignan direcciones incompatibles. Este mecanismo trabaja en los router y hace la traducción de direcciones en tiempo real. Es así como permite ampliar el espacio de direcciones IPv4.

Si bien IPv4 complementado con NAT puede brindar una solución provisoria al agotamiento de direcciones, tiene una desventaja y es que NAT dificulta la comunicación entre pares, esto dificulta el buen funcionamiento de algunas aplicaciones.

3.5.1.2. IPv6

IPv6 está previsto que sea la solución a largo plazo para la escasez de direcciones IPv4. El IPv6 es la versión 6 del Protocolo de Internet definida en el RFC 2460 y fue diseñada para remplazar a IPv4. Los cambios de IPv4 a IPv6 se deben principalmente a las siguientes categorías:

- **Capacidad de direccionamiento expandido:** aumenta el tamaño de direcciones de 32 bits a 128 bits, con esto admite más niveles en la jerarquía de direcciones, un mayor número de nodos direccionales y una configuración automática simple.
- **Simplificación de formato de encabezado:** Algunos campos del encabezado IPv4 se han eliminado o se han vuelto opcionales, para reducir el costo de procesamiento en el manejo de paquetes y para limitar el costo de ancho de banda necesario para el encabezado IPv6.
- **Soporte mejorado para las extensiones y opciones:** los cambios en la forma en que se codifican las opciones de encabezado IP permiten un envío más eficiente, límites menos estrictos en la longitud de opciones y una mayor flexibilidad para introducir nuevas opciones en el futuro.

²³ (https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Pa%C3%ADses_por_n%C3%BAmero_de_usuarios_de_Internet, 2018)

²⁴ <http://www.lacnic.net/web/lacnic/agotamiento-ipv4>

- **Capacidad de etiquetado de flujo:** se agrega una nueva capacidad para permitir el etiquetado de paquetes pertenecientes a “flujos” de tráfico particulares para los cuales el remitente solicita un manejo especial, como la calidad no predeterminada de servicio o servicio “en tiempo real”.
- **Capacidades de autenticación y privacidad:** extensiones para admitir autenticación, integridad de datos y (opcional) la confidencialidad de los datos es posible para IPv6.

3.5.1.2.1. Tipo de direcciones IPv6

Hay tres tipos de direcciones IPv6:

- **Unicast:** es un identificador para una sola interfaz. Un paquete enviado a una dirección de *unicast* se entrega a la interfaz identificada por esa dirección.
- **Anycast:** un identificador para un conjunto de interfaces (utilizado para diferentes nodos). Un paquete enviado a la dirección *anycast* se entrega a una de las interfaces identificado por esa dirección (se entrega al “más cercano”, según la métrica de los protocolos de enrutamiento).
- **Multidifusión:** un identificador para un conjunto de interfaces (típicamente perteneciente a diferentes nodos). Un paquete enviado a una dirección de *multidifusión* se entrega a todas las interfaces que son identificadas por esa dirección.

En IPv6 no existen las direcciones de *broadcast*, su función fue remplazada por direcciones de *multidifusión*.²⁵

3.5.1.2.2. Representación de direcciones IPv6

Hay tres formas convencionales para representar direcciones IPv6 como cadenas de caracteres:²⁶

- La forma preferida es x: x: x: x: x: x: x: x:, donde las “x” representan cuatro dígitos hexadecimales de los 16 bits de la dirección. Por ejemplo:
ABCD: EF01: 1234: 2345: 6789: ABDC: 41BD: 4175
2001: DB8: 0: 0: 8: 800: 200C: 417A

No es necesario colocar los 0 que estén a la izquierda de un campo individual.

- Debido a algunos métodos de asignación de direcciones IPv6, es común que las direcciones contengan cadenas largas de ceros. Para simplificar la escritura de estas direcciones existe una sintaxis especial está disponible para comprimir los ceros. El uso de “::” indica uno o más grupos de 16 bits de ceros. El “::” solo puede aparecer una vez en una dirección. El “::” también puede ser utilizado para comprimir ceros a la izquierda o a la izquierda en una dirección.
 Por ejemplo, las siguientes direcciones:

²⁵ RFC 4291

²⁶ RFC 4291

2001: DB8: 0: 0: 8: 800: 200C: 417A Una dirección *unicast*
FF01: 0: 0: 0: 0: 0: 0: 101 Una dirección de *multidifusión*
0: 0: 0: 0: 0: 0: 0: 1 La dirección de *bucle invertido*
0: 0: 0: 0: 0: 0: 0: 0 La dirección no especificada

Y puede ser representado como:

2001: DB8 :: 8: 800: 200C: 417A Una dirección *unicast*
FF01 :: 101 Una dirección de *multidifusión*
:: 1 La dirección de *bucle invertido*
:: La dirección no especificada

- Existe una forma alternativa que en ocasiones es más conveniente cuando se trata con un entorno mixto de nodos IPv4 e IPv6 es x: x: x: x: x: x: dddd, donde las “x” son los valores hexadecimales de las seis piezas de 16 bits de alto orden de la dirección, y los “d” son los valores decimales de las cuatro piezas de 8 bits de bajo orden de la dirección IPv4. Por ejemplo:

0: 0: 0: 0: 0: 0: 13.1.68.3
0: 0: 0: 0: 0: 0: FFFF: 129.144.52.38

O en forma comprimida:

:: 13.1.68.3
:: FFFF: 129.144.52.38

3.5.1.2.3. Necesidad de migrar de IPv4 a IPv6

Como se vio en la sección 3.5.1.1.4 el agotamiento de direcciones IPv4 está próximo a ocurrir. LACNIC en su página web define 4 fases de agotamiento para este fenómeno. IPv6 está diseñado para ser el sucesor de IPv4 y esto no es tan solo por su amplio pool de direcciones. Cuando la IETF comenzó el desarrollo del sucesor de IPv4, puso énfasis tanto en corregir las limitaciones que tiene la versión 4 e incluir mejoras adicionales. Las mejoras adicionales que presenta IPv6 frente a su precursor se destacan las siguientes:

- **Asignación de IP desde el cliente:** al conectar un host en una red local, este reconocerá el prefijo de la red y generará una IP para trabajar en esa red basándose en la dirección MAC. Con esto desaparecen los dispositivos DHCP. Esta característica se incluye en el *Internet Control Message Protocol* – ICMPv6 el cual incluye resolución de direcciones y configuración automática de direcciones, las cuales no se encuentran en ICMPv4.

- **Varias direcciones de red por dispositivo:** es posible asignar varias direcciones a un mismo dispositivo, lo que le permitirá estar conectado a varias redes de forma simultánea en un mismo dispositivo.
- **Cifrado e IPsec integrados:** es un protocolo más seguro ya que trabaja de manera cifrada, en caso de que una comunicación sea interceptada, la información no podrá ser leída a menos que logre descifrarla.
- **Mejor rendimiento, fin del checksum:** IPv6 elimina el checksum ya que dispone de un mecanismo de control de errores propio. Esto implica una conexión más rápida y una respuesta temporal mucho mejor.²⁷²⁸

En la actualidad, con la aparición de *Internet of Things* o IoT, internet está abandonando su arquitectura tradicional de cliente-servidor, en donde por medio de un dispositivo (PC, Smartphone, tablet) se accedían a los contenidos centralizados o semi-centralizados. Los dispositivos, en un futuro no muy lejano, vendrán preparados para acceder a internet incluyendo desde automóviles y dispositivos biométricos hasta electrodomésticos. Si bien NAT proporciona una solución provisoria al agotamiento de direcciones, sección 3.5.1.1.5, también dificulta el despliegue de todo el potencial de IoT al hacer más difícil la comunicación entre pares dentro de internet.

3.5.1.2.4. Coexistencia de IPv4 e IPv6

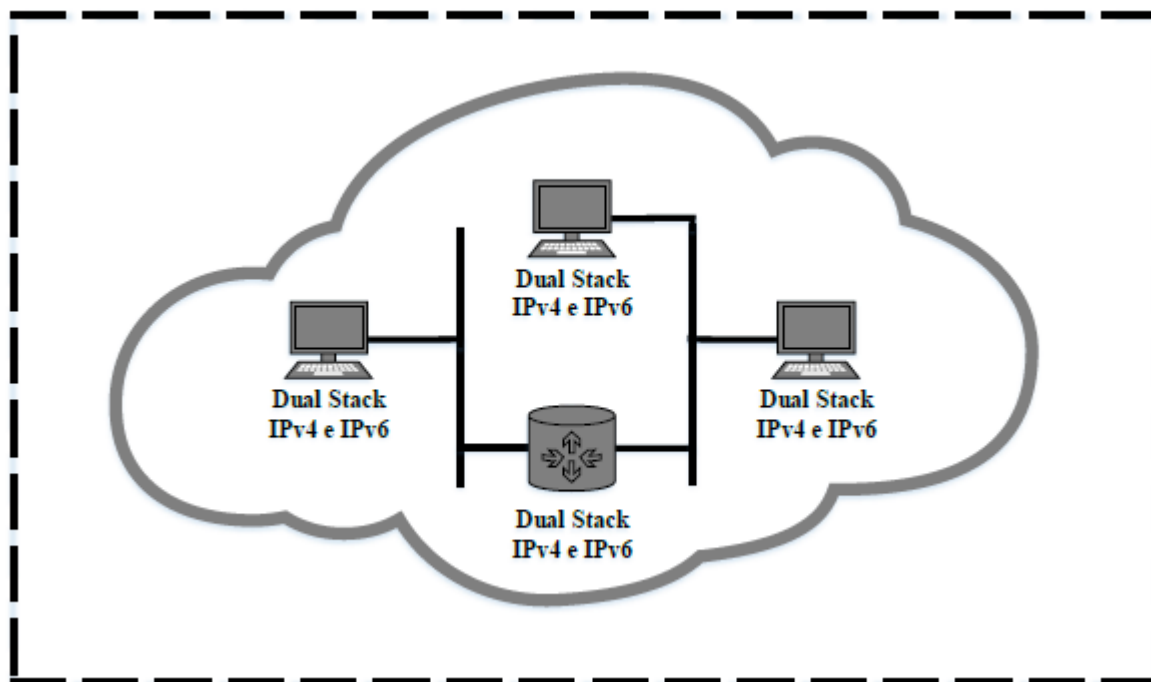
Al momento no hay una fecha definida para una transición definitiva a IPv6, aunque las aplicaciones y dispositivos evolucionan hacia un futuro IPv6. El IETF creó diversos protocolos y herramientas para ayudar a los administradores de redes a migrar de manera parcial a IPv6, hasta que estas puedan ser completamente IPv6. Esto está definido en el RFC 4213. Las técnicas de migración pueden dividirse en tres categorías:

- **Dual-Stack:** esta técnica permite que IPv4 e IPv6 convivan en un mismo segmento de red. Los dispositivos dual-stack ejecutan tanto pilas de protocolos IPv4 e IPv6 de manera simultánea. El **gráfico 3.5** muestra un segmento de red dual-stack ejecutando ambos protocolos de internet.

²⁷ (Togo, 2017)

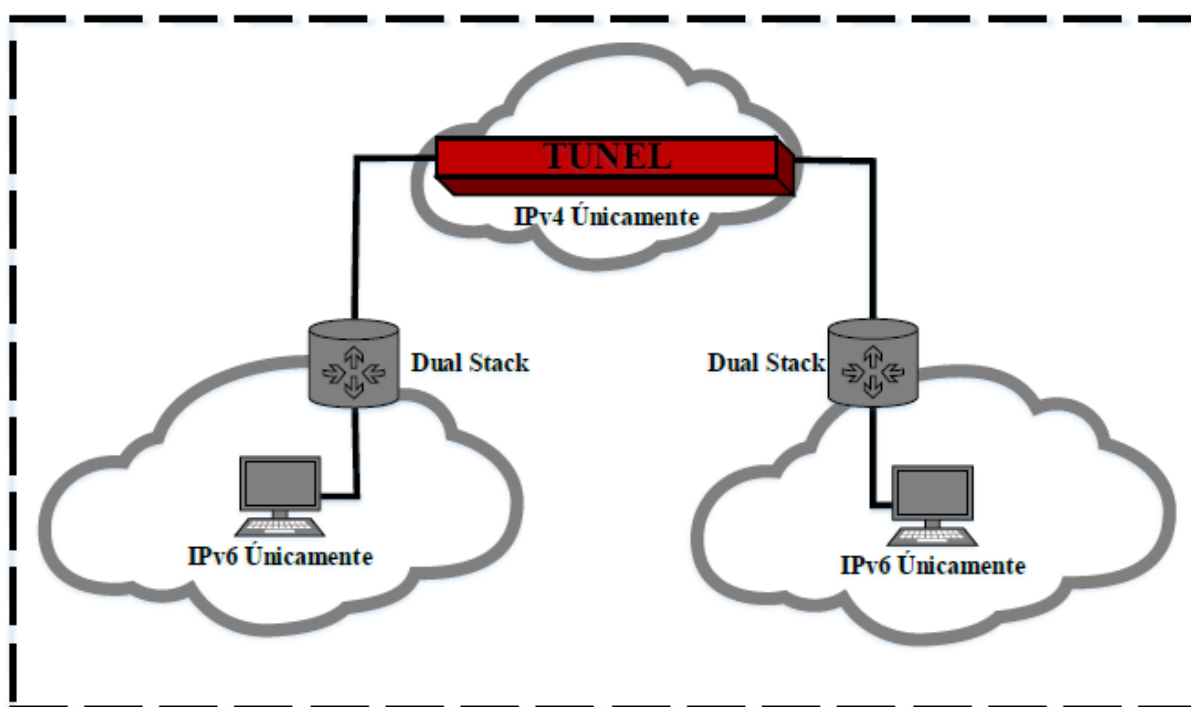
²⁸ (Maturana, 2012)

Gráfico 3.5 – Método Dual Stack



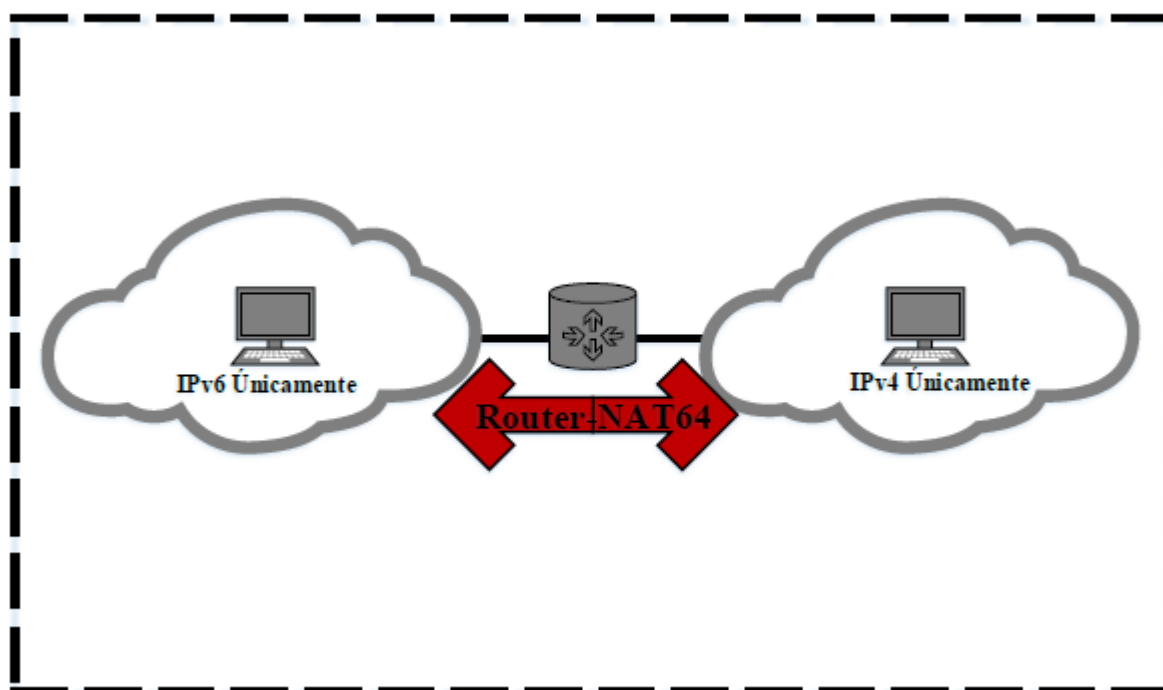
- **Tunelización:** es una técnica similar a la utilizada en el modelo OSI, en donde un paquete IPv6 se encapsula dentro de un paquete IPv4 para poder ser transportado por una red que es IPv4. El **gráfico 3.6** muestra un ejemplo de esta técnica.

Gráfico 3.6 – Método de Tunelización.



- **Traducción:** como se muestra en el **gráfico 3.7**, la traducción de direcciones de red 64 (NAT64) permite que los dispositivos habilitados para IPv6 se comuniquen con los dispositivos habilitados para IPv4 mediante una técnica de traducción similar a NAT para IPv4. Un paquete IPv6 se traduce a un paquete IPv4 para ser enviado sobre una red IPv4 y cuando llega a destino este se traduce nuevamente a IPv6 para ser entregado.

Gráfico 3.7 – Método de Traducción.



3.5.2. Exterior Gateway Protocol (EGP)

El Exterior Gateway Protocol o EGP, es un protocolo utilizado para intercambiar información de enrutamiento entre AS. Este protocolo permite el intercambio de información entre router exteriores que no pertenezcan al mismo AS. Los router EGP solo pueden transmitir información de enrutamiento del AS al que pertenecen y a su vez debe ir almacenando esta información que es proporcionada por un IGP. En la actualidad el principal protocolo EGP es el Border Gateway Protocol o BGP, descrito en la **sección 3.5.2.1**.

3.5.2.1. Border Gateway Protocol (BGP)

BGP es el protocolo de enrutamiento EGP más utilizado de internet. La primera versión de este protocolo, definida en el RFC 1105) apareció en 1989 para sustituir a EGP. Posteriormente en 1990 salió la versión 2, definido en el RFC 1163, y la versión 3 en 1991, RFC 1267. Finalmente apareció la versión 4 de BGP, la que actualmente está en vigencia, definida en el RFC 1771 y RFC 4271. BGP-4 fue la primera en proporcionar soporte para *Classless Interdomain Routing* o CIDR.²⁹

²⁹ RFC 4271

La principal función de un sistema BGP es intercambiar información de accesibilidad con otros sistemas BGP. Esta información de accesibilidad incluye además una lista de los AS por los que atraviesa. Esta información es suficiente para construir un esquema de conectividad de los AS pudiendo así decidir que saltos evitar y conocer las políticas a nivel de los AS que pueden ser aplicadas.³⁰

3.5.2.1.1. Fundamentos de BGP

BGP es un protocolo que funciona sobre TCP por el puerto 179. BGP permite que distintos AS intercambien paquetes entre sí. Para ello, se intercambian de forma dinámica los prefijos de sus rutas entre los AS conectados, lo cual se lleva a cabo mediante el establecimiento de sesiones BGP inter-AS sobre conexiones TCP. Este tipo de operación proporciona comunicación fiable y esconde todos los detalles de la red por la que se pasa.

Debido a que en cada AS se utiliza un protocolo IGP con una definición distinta para el coste de los enlaces, es imposible encontrar el camino más corto hacia cada destino. Por ello, una vez se han aplicado las restricciones sobre las rutas, BGP utiliza un algoritmo similar al tipo vector de distancia, llamado path-vector, para seleccionar aquellas rutas que impliquen el mínimo número de AS a atravesar.

Las tablas de encaminamiento de BGP almacenan rutas para alcanzar redes (indicadas mediante prefijos). Las rutas están formadas por una secuencia de números de sistemas autónomos que se deben seguir para alcanzar el prefijo indicado. El último número de AS de la ruta se corresponde con la organización que tiene registrado el prefijo, es decir, el AS donde se encuentra el destino. El principal motivo para almacenar la ruta completa es la detección y eliminación de bucles para evitar que los paquetes se envíen de forma infinita pasando varias veces por un mismo AS.

3.5.2.1.2. Sesiones BGP

En una sesión BGP participan sólo dos routers (peers). En cualquier momento una red puede tener muchas sesiones BGP concurrentes y también un mismo Gateway puede participar en muchas sesiones BGP. En la sesión BGP se lleva a cabo el proceso denominado *peering*, que consiste en que un AS informa a otro sobre las redes que puede alcanzar por medio de él.

Además de las sesiones dentro del AS, los routers de borde de un mismo AS deben intercambiar también informaciones BGP para conocer las mismas rutas externas e internas. Para ello se utiliza el protocolo iBGP, definido en el RFC 1771, que utiliza el mismo tipo de mensajes que eBGP, el cual es el protocolo utilizado en las sesiones BGP entre dos gateway de dos AS distintos. Existe una diferencia entre la publicación de las rutas eBGP y en iBGP. En eBGP, los prefijos que aprende un router de un *peer* pueden ser anunciados a otro *peer*

³⁰ RFC 1771

mediante iBGP y viceversa, pero un prefijo aprendido de un vecino mediante iBGP no puede publicarse a otro peer por iBGP. Esta regla de limitación para la publicación de prefijos entre routers vecinos mediante iBGP sirve para evitar bucles (loops) dentro de un AS.

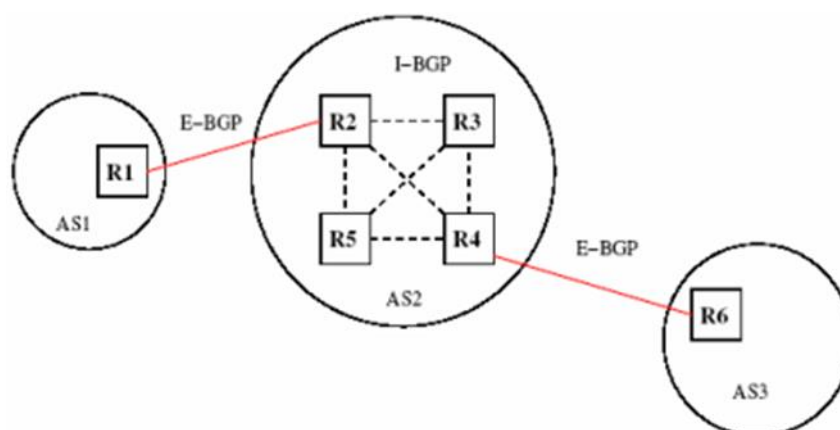
Debido a que no se pueden reanunciar prefijos entre routers iBGP, es necesario que exista conectividad entre todos los routers vecinos que se comuniquen mediante iBGP dentro de un mismo AS, por lo que se utiliza un mallado total entre estos (*fullmesh*). Esta malla es realmente virtual en la práctica ya que se implementa de una forma independiente a la conectividad física. Por ello, otra diferencia es que en iBGP los vecinos no tienen que estar obligatoriamente conectados de forma directa como en el caso de eBGP.

La conectividad entre los routers de borde que intercambian sus informaciones BGP mediante iBGP en un mismo AS vendrá asegurada por el protocolo IGP utilizado. Si un router de borde no es capaz de alcanzar una ruta de su propio AS, la cual le ha sido anunciada por un vecino interno, esta ruta no será propagada a los vecinos BGP internos o externos.

3.5.2.1.3. Funcionamiento de un proceso BGP

El **gráfico 3.8** representa un esquema en donde intervienen 3 AS independientes que necesitan comunicar sus prefijos, estos por medio de sesiones BGP, tanto iBGP como eBGP entre sus router.

Gráfico 3.8 – Rutas compartidas entre AS



En el **gráfico 3.8** se producen las siguientes comunicaciones internas y externas entre los AS:

- R1 anuncia rutas para prefijos de AS1.
- R2 anuncia rutas para prefijos de AS2.
- R2 aprenderá rutas para prefijos de AS3 vía una sesión iBGP con R4. R4 aprendió estas rutas de R6 vía una sesión eBGP.
- R4 anuncia rutas a R6 para prefijos de AS2 y AS1.

Cuando un router anuncia un prefijo a uno de sus *peer* BGP, esta información es válida hasta que el primer router anuncie explícitamente que esta información

CAPITULO 3: Direccionamiento y comunicación entre proveedores

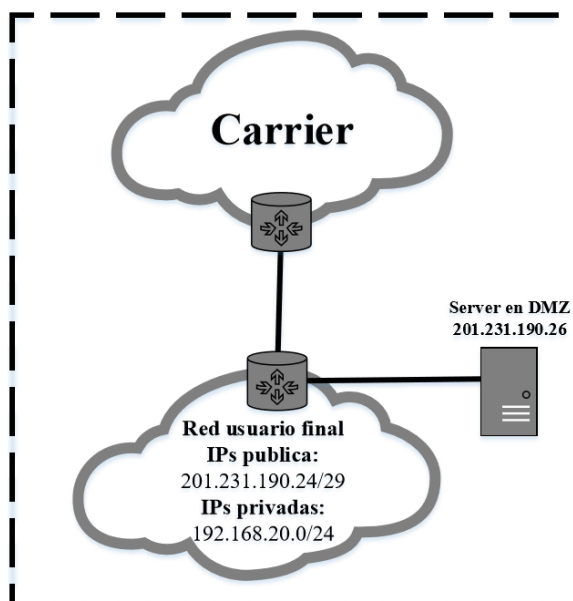
ya no está vigente, otra forma de que la información de rutas deje de tener validez es que las sesiones BGP se pierdan. Esto no quiere decir que periódicamente se esté actualizando la información de enrutamiento. Sino que inicialmente hay una gran cantidad de flujo de esta información hasta que todas las rutas son aprendidas. Posteriormente, cuando los router se estabilizan, solo es necesario intercambiar información de las rutas que son modificadas.

Para poder almacenar la información de enrutamiento, el protocolo BGP necesita un conjunto de tablas denominadas *Routing Information Bases* o RIBs. Estas son:

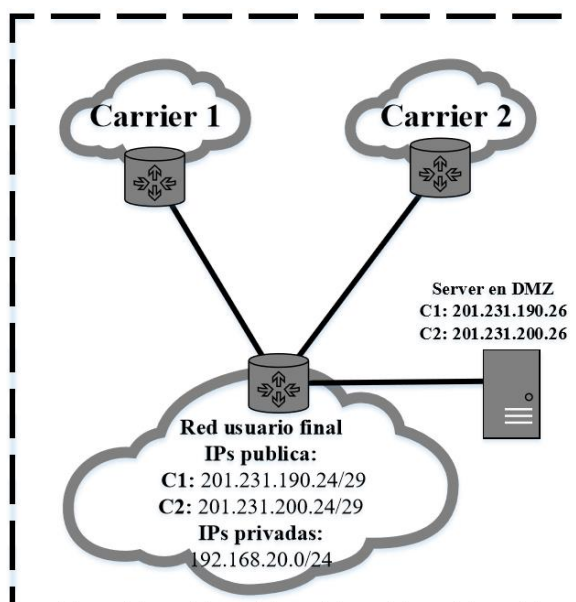
- **Adj-RIB-in:** esta tabla almacena prefijos aprendidos de un *peer* en particular. Hay tantas tablas de este tipo como *peer* BGP.
- **Loc-RIB:** Almacena las mejores rutas seleccionadas (prefijos + Longitud mascara) que conoce el proceso BGP bien porque las ha obtenido de la tabla de encaminamiento, o bien porque se aprendió por BGP (iBGP o eBGP), tras pasar los filtros de entrada. Estas rutas pueden ser anunciadas si la política de encaminamiento a la salida lo permite. Hay solo una por cada AS.
- **Adj-RIB-out:** almacena prefijos para ser anunciados a otros vecinos. Esta tabla se construye a partir de las informaciones de la tabla *Loc-RIB* que han sido filtrados y cuyos atributos han sido modificados según configuración. Se tiene una tabla de este tipo por cada par BGP.

3.6. Ventajas de poseer recursos de direccionamiento propios

Para comprender las ventajas de tener recursos de direccionamiento propios es útil ver el ejemplo de tener alojado un servidor de contenidos dentro de la red. Siendo usuarios finales se debe contratar un servicio de internet a un Carrier, este Carrier proporcionara un número limitado de direcciones públicas para la red. En el **gráfico 3.9** se ve una red de usuario final, la cual contrata un servicio de internet a un Carrier el cual asigna un bloque de direcciones publicas /29 (6 direcciones). En esta red se encuentra alojada una página web, la cual tiene una dirección IP publica asignada. Esta dirección debe ser publicada en los servidores de DNS con su respectiva traducción.

Gráfico 3.9 - Red usuario final sin recursos propios y 1 Carrier

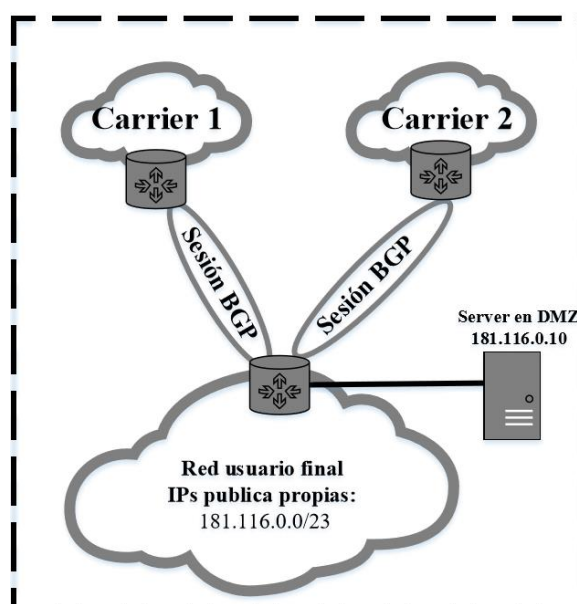
Ahora se analiza el caso de que sea necesario tener dos servicios de internet para proporcionar una redundancia por posibles cortes. En este caso cada uno de los proveedores dará su bloque de direcciones y a la página web se deberá asignar 1 dirección IP pública por cada uno de los proveedores. El tener dos direcciones para una página web mientras los dos proveedores estén funcionando de forma correcta no existirán problemas de poder obtener los servicios del servidor. En caso de que uno de los Carrier quede fuera de servicio, la traducción de direcciones hecha por el servidor de DNS generara un error al intentar acceder al servidor por medio de la dirección de red propiedad del Carrier fuera de servicio. Este mismo error se produciría si se decide dar de baja uno de los proveedores. En ambos casos sería necesario volver a plantear la configuración de direcciones IP y servicios de DNS. Esto puede verse en el **gráfico 3.10**.

Gráfico 3.10 - Red de usuario final sin recursos propios y 2 Carrier.

CAPITULO 3: Direccionamiento y comunicación entre proveedores

Ahora si la red de usuario final tiene su propio de recursos de direccionamiento podría establecer sesiones BGP dinámicas con cada uno de los proveedores que desee contratar. Por cada sesión BGP establecida se anunciarían las rutas por donde se puede llegar a la red, esto ofrecería una alternativa dinámica para el direccionamiento. Permite, además, asignar una dirección única para el servidor la cual será publicada por ambos Carrier y en caso de que uno no pueda acceder automáticamente intentara acceder por el otro Carrier. Ahora en caso de dar de baja uno de los proveedores la sesión BGP que queda activa seguirá publicando la red, lo cual no requerirá una nueva configuración de direcciones, ni actualizaciones en los servidores de DNS. Esto se puede ver en el **gráfico 3.11**

Gráfico 3.11 - Red de usuario final con recursos propios



En caso de no tratarse de una red de usuario final y ser un ISP el que necesita servicios por parte de un Carrier que provee servicios de tráfico internacional. El tener recursos propios permite publicar por medio de sesiones BGP las rutas por las cuales acceder a la red. Otra ventaja para el ISP es poder proporcionar a sus clientes direcciones IP públicas a cada uno. Esto evitara que se registren tráficos inusuales con las mismas direcciones IP. Cuando no se tienen recursos propios el ISP debe asignar IP privadas y hacer un redireccionamiento de puertos en su router de borde, lo cual hará que se registren tráficos inusuales para unas pocas direcciones IP. El trafico inusual y atípico de una direccion IP la convertirá en candidata a pertenecer a la *Black List*³¹ de direcciones IP la cual en la mayoría de los servicios pueden ser detectadas como *Spam*³².

³¹ **Black List:** Una Black List de direcciones IP es un repositorio de direcciones IP que tienen mala reputación por hacer uso indebido de internet. Puede ser consentido o sin saberlo siendo victima de un virus.

³² **Spam:** Correo electrónico no solicitado que se envía a un gran numero de destinatarios con fines publicitarios o comerciales.

4. Generación y entrega de contenidos

Internet además de permitir que usuarios de redes diferentes puedan comunicarse, permite que los usuarios accedan de manera rápida a contenidos que están fuera de su alcance físico mediante un esquema de cliente-servidor.

Con el avance de las tecnologías sistemas simples de comunicación, como lo eran los teléfonos celulares, se convirtieron en sistemas complejos que pueden brindar una amplia gama de aplicaciones que permiten comunicaciones multimedia en tiempo real, independientemente de donde esté ubicado el usuario. Con esto se vio incrementado considerablemente el volumen de tráfico que se manejaba en las redes.

A su vez, en los últimos años se pudo ver un gran cambio en la forma en que se consumen el contenido multimedia, se ha vuelto más frecuente que el usuario elija en qué momento y lugar quiere consumir contenido. Esto presenta un gran desafío a las redes existentes para garantizar que los usuarios perciban esta transmisión de contenidos con una calidad aceptable.

El crecimiento de internet es ampliamente conocido, tanto el número de clientes como el tráfico generado por ellos. La utilización de una CDN (Red de Distribución de Contenidos) se viene dando como una de las soluciones para la distribución de contenido multimedia. Las CDN presentan una gran respuesta al crecimiento que está teniendo internet y el comportamiento que tienen los usuarios para el consumo de contenidos.

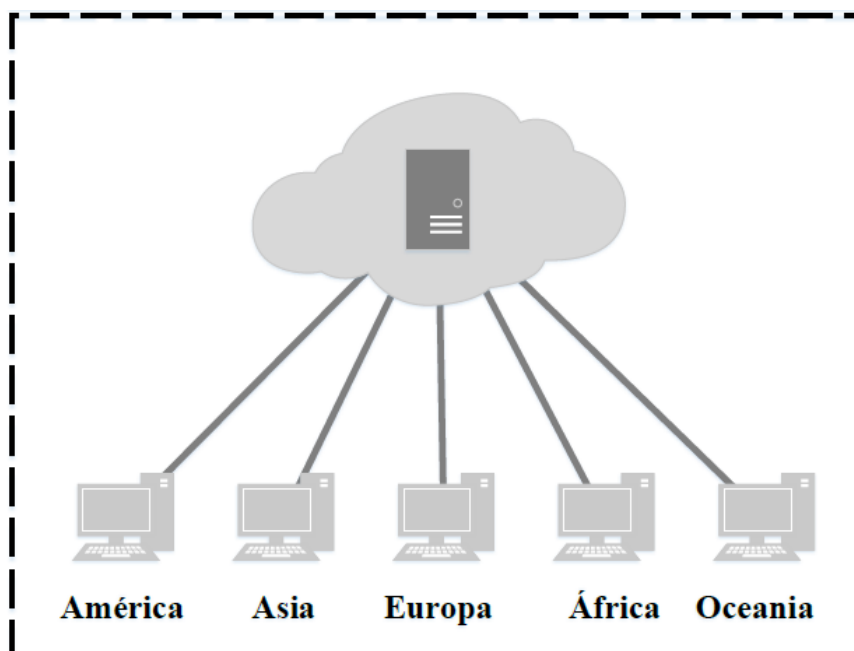
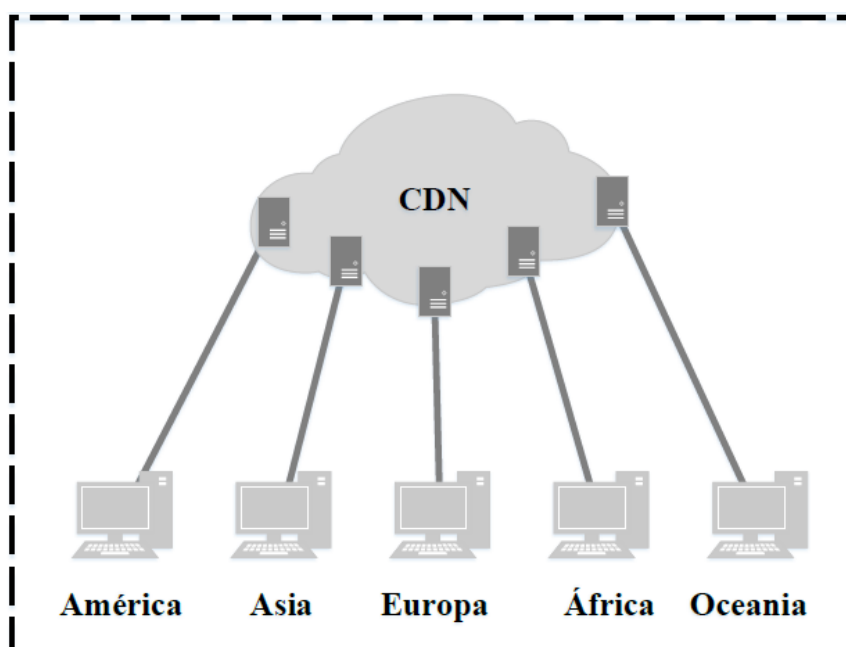
El propósito de este capítulo es explicar los conceptos básicos para entender que es una CDN, los principios de funcionamiento, su arquitectura y la cercana relación que existe entre las CDN y los IXP.

4.1. Red de distribución de contenidos

Las CDN nacieron a finales de los años noventa, y, como su nombre lo indica, es una red de servidores que se encuentran en ubicaciones geográficas estratégicas para la distribución de contenido multimedia. Las CDN se usan para albergar y distribuir los contenidos estáticos de un sitio web (imágenes, documentos, etc.) pero también para la distribución de los contenidos principales de una web (las páginas web propiamente dichas) u otros medios como el video en streaming.

Su ventaja principal radica en que como la red está compuesta por varios servidores en diferentes ubicaciones geográficas, cuando se hace una petición a la CDN esta busca el servidor más cercano al usuario y lo utiliza para satisfacer su petición, siendo mucho más rápida que una arquitectura tradicional de cliente-servidor centralizado. Esto se traduce en una gran escalabilidad de la red y permite una gestión total sobre los recursos multimedia. Su objetivo principal es lograr un equilibrio entre los costes y la calidad de servicio para los usuarios finales.

El **gráfico 4.1** muestra un esquema de cliente-servidor centralizado y el **gráfico 4.2** una CDN y a simple vista se puede ver que en una red tradicional es un solo servidor el que se encarga de las peticiones provocando un cuello de botella, y en la CDN son varios servidores los que atienden las diferentes peticiones.

Gráfico 4.1 – Cliente-Servidor Centralizado**Gráfico 4.2 – Red de Distribución de Contenidos.**

4.2. Evolución de las redes de contenidos

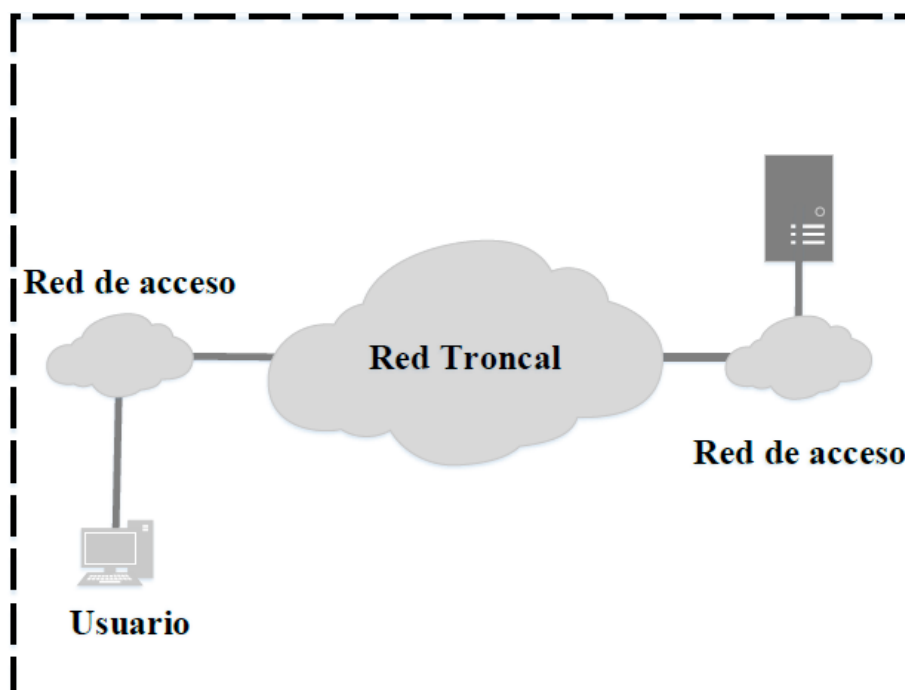
Desde el surgimiento de internet, se puede apreciar como el servicio web ha evolucionado desde una simple aplicación utilizada por científicos e investigadores hasta convertirse en la herramienta por excelencia para las empresas. En la actualidad muchas de las empresas multimillonarias se dedican únicamente a dar un servicio por medio de una plataforma web. Esta evolución fue posible gracias al crecimiento de la red, el incremento de las velocidades, el avance de las tecnologías de acceso y transporte, pero

esto significó también un gran desafío en el momento de gestionar y entregar contenidos a los usuarios.

El comportamiento en los usuarios también fue cambiando, en sus inicios eran más tolerantes con las demoras que puedan producirse en la navegación, en la actualidad una reducción en la calidad del servicio, o un elevado retardo en la entrega del contenido provoca un descontento en los mismos y esto puede provocar un abandono del servicio o de la página web en particular.

El crecimiento de internet tuvo como consecuencia que muchas de las redes existentes se vean desbordadas por la cantidad de tráfico que debían manejar. Esto podía ocurrir en redes puntuales que no podían manejar el tráfico solicitado (congestión espacial) o podía ocurrir en momentos determinados del día en donde ocurrían los denominados picos de tráfico (congestión temporal). El protocolo TCP incorpora mecanismos para mitigar las congestiones e intentar mantener una buena calidad de servicio. Otro inconveniente presente en una petición a un servidor es que este no pueda atender todas las peticiones que llegan de forma simultánea, esto también provoca una disminución en la calidad de servicio. El **gráfico 4.3** muestra un esquema típico y simplificado de un servidor centralizado, el cual atiende las peticiones de los usuarios.

Gráfico 4.3 – Esquema típico Cliente-Servidor



En el **gráfico 4.3** se puede apreciar que desde que nace la petición en el cliente tiene que pasar varias fases hasta poder llegar al servidor. Cada uno de estos saltos que debe dar hace que el tiempo de respuesta se vaya incrementando. El internet que conocemos hoy en día hizo que este modelo simple de cliente-servidor se convierta en un esquema más complejo, teniendo desde problemas de latencia hasta problemas con el agotamiento de direcciones IPv4.

Para hacer frente a este problema una de las soluciones implementadas está basada en la distribución equitativa de los contenidos, esto permite hacer frente a los picos de carga,

CAPITULO 4: Generación y entrega de contenidos

evitar tener servidores sobrecargados y tiene la particularidad de ser escalable para distribuir contenidos en internet. Esta es la primera evolución que tuvo el modelo tradicional de cliente-servidor web, llevándola a una red de contenidos más dinámica. Esta evolución presenta las siguientes características:

- **Distribución de carga centralizada:** agrupa varios servidores físicos de manera lógica creando una granja de servidores (*server farm*).
- **Distribución de contenido con servicios centralizados:** consiste en acercar físicamente los servidores de contenidos a los usuarios para hacer más fácil el acceso.
- **Distribución de contenido y servicios:** en este modelo, no es suficiente distribuir contenido estático cerca del cliente, sino también se trasladan algunos servicios, como puede ser la adaptación del contenido para dispositivos móviles.

Estas tecnologías descriptas con el tiempo y luego de actualizaciones tecnológicas se convirtieron en lo que actualmente se conocen como CDN. En cuanto al tema de contenidos, la CDN no tiene restricción alguna con lo que respecta a los contenidos que esta puede alojar, es por ello que se dice que una CDN es una plataforma multimedia. Las CDN desde el punto de vista técnico, consisten en componentes que trabajan en la capa 4-7 del modelo OSI. Esto implica una interconexión entre estos componentes por encima de la red, creando así una red virtual por encima de la infraestructura de red existente.

Las CDN de una forma general necesitan, para funcionar de manera correcta, una serie de componentes funcionales que colaboran a la distribución de los contenidos. Estos componentes se describen a continuación:

- **Distribución de contenidos:** son los servicios necesarios para hacer llegar el contenido desde el origen hasta el destino. Estos servicios normalmente son cubiertos por cache web (**sección 4.4**) u otros dispositivos de almacenamiento de contenido ubicados en puntos intermedios. Estos servidores intermedios denominados caches responden en nombre del servidor de origen. El servicio encargado de la distribución también se encarga de la presentación y los protocolos utilizados para la transmisión de los datos sobre la red.
- **Enrutamiento de peticiones:** son los servicios encargados de dirigir de origen a destino las solicitudes de contenidos. Estas solicitudes pueden ser cubiertas tanto por el servidor principal como por cache web. La decisión de que servidor responderá a la petición depende de la ubicación del servidor más cercano, la disponibilidad de los sistemas y de la red.
- **Procesamiento de contenidos:** son los servicios necesarios para adaptar el contenido a las diferentes plataformas existentes, así como también modificaciones que el usuario indique, por ejemplo, disminuir la calidad de un video en YouTube.
- **AAA (Authentication, Authorization and Accounting):** la AAA en lo que respecta a seguridad e informática, corresponde a autenticación, autorización y contabilización. Es una familia de protocolos encargados de monitorear, autenticar por el medio de inicio de sesiones y de tarificarlo (*billing*) en caso de que sea necesario dependiendo del uso que tenga el contenido. Esto incluye los

mecanismos para asegurar la identidad y los privilegios de los participantes en un intercambio de contenido.

Estos son los componentes indispensables para que una CDN funcione de manera correcta. Más adelante se verá como los IXP son los grandes aliados de las CDN, permitiéndoles proveer de cache web en los IXP para estar cerca de los consumidores de contenidos.

4.3. Escalabilidad de las redes de contenidos

Para que un sistema sea escalable tiene que poder afrontar un crecimiento en la cantidad de usuarios sin que se vea afectado significativamente el rendimiento de la red. Transportando este concepto a las CDN hablamos de distribuir estratégicamente los equipos que conforman la red para que esta pueda afrontar todas las peticiones que realicen los usuarios con una alta calidad de servicio.

En el caso de redes de distribución de contenidos que son privadas, como son el caso de redes corporativas resulta favorable tener diferentes puntos en donde se puedan adquirir los contenidos necesarios, así como también en caso de que uno de estos puntos falle se puede tener un respaldo en otro de los servidores.

Existen redes de contenidos que son privadas pero que venden sus servicios a compañías que tienen como fin la venta o distribución de contenido multimedia, este es el caso de Akamai que da servicio a YouTube, proporcionándole una alta disponibilidad, así como también una alta calidad de servicio para los usuarios por medio del cache web³³.

En cada uno de estos casos uno de los aspectos más importantes para conseguir una escalabilidad eficiente son los mecanismos de encaminamiento, es decir, los procesos posteriores a la solicitud de un cliente y hasta que llega al servidor que va a atender esta solicitud, esto se denomina proceso de redirección asociado a los procesos de DNS.³⁴³⁵

4.4. Cache web

Las técnicas de cache web (*Web Caching*) consisten en el almacenamiento de los documentos (Audio, Video, Archivos, Imágenes, etc.) que pasen por él, para que luego en una petición posterior pueda ser el cache el que responda a esta petición, o parte de ella, y no sea el servidor principal el que tenga que hacerlo.

Esto permite reducir el ancho de banda consumido, la carga sobre los servidores y los retardos provocados por el procesamiento y el transporte. Existen tres tipos de técnicas de cache web:

- **Caches privados:** también denominados *User-Agent*, es la técnica utilizada por los navegadores web y funcionan solo para un único usuario. Ayudan a la navegación y mejora la respuesta web de manera local. Pero su principal limitación es que solo puede guardar

³³ (Vaca, 2015)

³⁴ (Mockapetris, 1987)

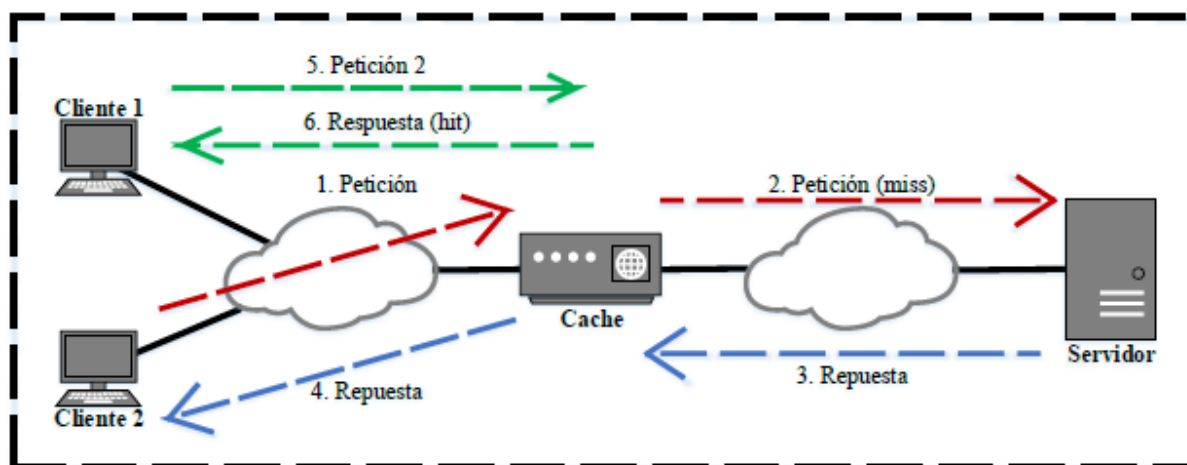
³⁵ (Mockapétris, 1987)

CAPITULO 4: Generación y entrega de contenidos

metadatos de las páginas web, no podía guardar el contenido multimedia objeto de las peticiones. por ejemplo, un usuario que quiera ver un video en YouTube el cache almacenará el formato de la página web pero no podrá guardar el video en particular para una posterior reproducción.

- **Caches compartidos:** son usados por los ISP, universidades y empresas para ahorrar en ancho de banda. Consisten en caches intermediarios puestos por las entidades interesadas para almacenar contenidos que pueden ser utilizados posteriormente.
- **Caches Proxy:** también llamados aceleradores web, funcionan como réplica del servidor original, de esta forma los clientes no distinguen si es el servidor principal o el alternativo el que está respondiendo a su solicitud. El **gráfico 4.4** muestra el principio de funcionamiento de esta técnica.

Gráfico 4.4 – Comunicación con Cache Proxy



1. **Petición:** al iniciar la comunicación el cliente 1 realiza una petición de un contenido al servidor de los contenidos.
2. **Petición (miss):** el sistema cuenta con un cache proxy, este no tiene el contenido que el cliente 1 le está solicitando, así que genera una petición (miss) al servidor principal.
3. **Respuesta:** El servidor principal recibe la petición (miss) la procesa y devuelve el contenido solicitado. Este contenido será almacenado por el cache proxy.
4. **Respuesta (hit):** el cache proxy devuelve al cliente 1 el contenido que fue solicitado por su petición y a su vez almacena ese contenido para una futura petición.
5. **Petición 2:** en un tiempo posterior a la petición del cliente 1, un cliente 2 genera una petición del mismo contenido que fue pedido con anterioridad y la envía al cache proxy.
6. **Respuesta 2:** el cache proxy procesa esta petición, corrobora que puede responder el mismo con el contenido que almaceno con anterioridad. Genera la respuesta a la petición del cliente 2 y entrega los contenidos solicitados. Todo esto ocurre sin que se notifique al servidor principal de la petición del cliente 2.

Las CDN utilizan el principio de cache proxy para su funcionamiento, permitiéndoles reducir la latencia, evitando que las peticiones viajen por toda la red hasta un servidor principal, el cual también tiene sus limitaciones generándose un cuello de botella en caso de no tener los cache. La utilización de esta técnica aumenta significativamente el rendimiento de la red, así también permite dar servicios de filtrado y de NAT. Un cache proxy puede realizar un análisis de los paquetes entrantes y salientes a nivel de aplicación, con lo cual con reglas preestablecidas puede funcionar como firewall permitiendo y denegando los paquetes. La otra característica posible de configurar es el de traducción de direcciones de IP privada a direcciones IP públicas para permitir a los usuarios navegar por internet, este servicio de NAT es posible pero no es tan utilizado en los cache en una CDN.³⁶

4.5. Replicas o espejos

Las réplicas o espejos (*Mirror*) son servidores que son idénticos a un servidor principal, estos servidores espejos periódicamente actualizan su información para tener una réplica exacta. Existen ocasiones en donde por cuestiones de mantenimiento o una falla en el servidor principal es necesario tener estas replicas. Los espejos pueden responder las solicitudes de los clientes al igual que lo haría el servidor principal. En muchos casos el cliente podría conectarse al servidor más cercano a su ubicación para disminuir la latencia. Pero los clientes no tienen el conocimiento del estado de carga de los espejos, por lo tanto, son incapaces de decidir si un espejo más alejado proporcionara un servicio con una latencia menor.

Para abordar el problema de decidir cuál de las réplicas es la que puede atender mejor a las peticiones de los usuarios existen dos alternativas de redirección posibles:

- **Por parte de la replica:** si un espejo está al límite de sus posibilidades, puede rechazar una petición asignándola a otro espejo. Por lo general, las réplicas tienen conocimiento del resto de réplicas por lo tanto puede asignar las peticiones de forma inteligente a alguna que pueda atender la petición.
- **En DNS:** la redirección en DNS consiste en centralizar la decisión de la réplica menos congestionada en el servidor de DNS. El servidor de DNS tiene conocimiento del estado de los espejos y proporciona esta información al navegador, el cual elige el menos congestionado para elaborar su petición.

4.6. Análisis de una CDN

*Una CDN es un conjunto de servidores que contienen copias de una misma serie de contenidos (imágenes, vídeos, documentos, etc.) y que están ubicados en puntos diversos de una red para poder servir sus contenidos de manera más eficiente.*³⁷

A este punto se describieron las tecnologías que con el paso del tiempo permitieron el perfeccionamiento de las CDN. En este apartado se tratarán específicamente las CDN en la actualidad, su funcionamiento, la arquitectura utilizada para el despliegue de una y

³⁶ (Vaca, 2015)

³⁷ (Delgado Tenorio, 2010)

como tienen una relación directa con los IXP y como estas permiten una mejora en el rendimiento.

4.6.1. Conceptos básicos

Una CDN, como se viene viendo, es un conjunto de participantes que trabajan entre sí en una red, puede tener una cobertura mundial por medio de internet. Para ello existen en la CDN dos tipos de servidores que son:

- **Servidor original:** es el servidor en el cual reside la versión definitiva del contenido y es actualizada por el proveedor de contenidos. El servidor original se comunica con los servidores replica o surrogate distribuidos para actualizar el contenido almacenado en ellos.
- **Servidor replica o surrogate:** encargado de almacenar una copia del contenido. Un surrogate dentro de una CDN puede servir como servidor multimedia, servidor web o como cache server.³⁸

En esta red se pueden replicar cualquier tipo de contenidos en los servidores participantes. Dichos servidores se encuentran ubicados estratégicamente en las cercanías de los clientes finales con el fin de realizar una distribución más transparente, eficaz, estable y rápida que el modelo tradicional de servidor centralizado.

La interacción entre los surrogates tiene como fin principal mejorar la QoS percibida por el usuario y proporcionar servicios que mejoren el rendimiento en la red con ello se utiliza de manera más eficiente el ancho de banda de la red, mejorando así la accesibilidad. Las principales funciones de una CDN son:

- **Mecanismos de redirección:** por medio de los mecanismos anti-congestión, redirigir las solicitudes al surrogate que este en mejores condiciones de atenderlas.
- **Servicios de distribución de contenido:** encargados de replicar o cachear el contenido desde un servidor de origen a los surrogates dispersos en internet.
- **Servicios de negociación de contenido:** para cubrir los requerimientos de usuarios específicos o grupos de usuarios
- **Servicios de gestión:** su función es administrar los componentes de red, gestionar la contabilidad, monitorizar, reportar el uso y acceso al contenido.

El **Gráfico 4.5** muestra un escenario típico de una CDN en donde se pueden ver los servidores distribuidos de manera estratégica para la entrega de contenidos. el mecanismo de negociación de contenidos se verá con mayor profundidad en el **apartado 4.6.3**. En el ejemplo representado en el **gráfico 4.5** el cliente 1 ubicado en América contactara típicamente con el surrogate B en lugar del servidor central, mientras que el cliente 2 ubicado en Asia contactara con el surrogate D, podemos notar la importancia de tener CDN's distribuidas geográficamente, para mejorar de esta

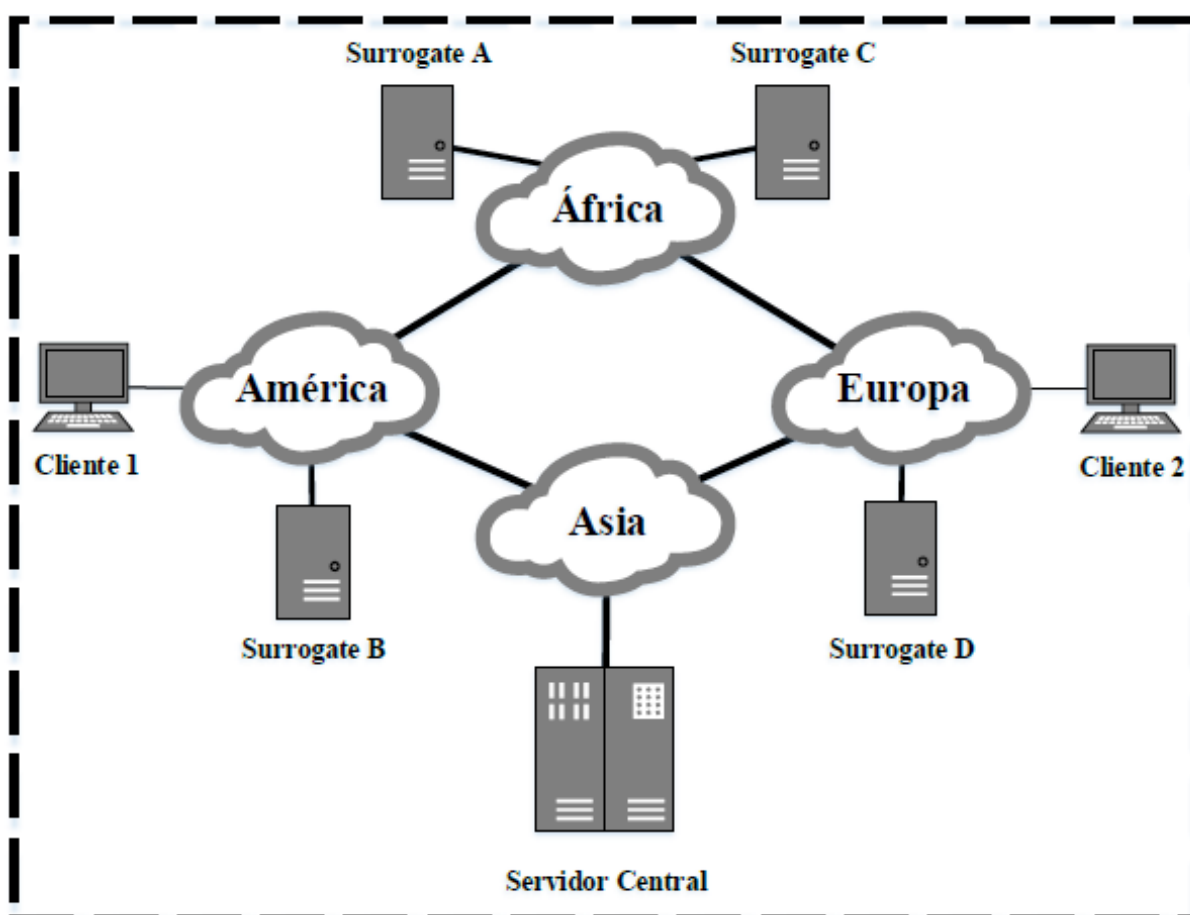
³⁸ (Galvez Huerta, 2016)

CAPITULO 4: Generación y entrega de contenidos

manera el retardo en la estructura de distribución de contenidos. La infraestructura de una CDN proporciona típicamente los siguientes servicios y funcionalidades:³⁹

- Almacenamiento y gestión del contenido
- Distribución de contenido entre *surrogates* remotos,
- Gestión de *caching*
- Distribución de contenido estático, dinámico y streaming
- Soluciones de backup y contingencia ante fallos
- Monitorización
- Medidas de rendimiento y reporte de uso.

Gráfico 4.5 – Esquema básico de una CDN



Un proveedor de contenido suele contratar los servicios de un proveedor de CDN de tal forma que su contenido puede ser ubicado en sus servidores. La forma de tarifar está en base al contenido distribuido a los usuarios por cada *surrogate*, es por ello que la CDN incorpora un mecanismo de contabilidad (*accounting*) que monitoriza el uso de la red durante la redirección, la distribución y envío de contenido al cliente.⁴⁰

³⁹ (Vaca, 2015)

⁴⁰ (Vaca, 2015)

En la actualidad las CDN's son un negocio muy importante, los costos todavía son elevados por lo que los clientes típicos de una estructura de este tipo suelen ser grandes empresas, empresas de anuncios y comerciantes, ISP's, operadores móviles, etc. Uno de los factores más importantes que determina el costo del servicio de CDN está asociado al ancho de banda utilizado, la variabilidad de tráfico, el número de servidores participantes.⁴¹

4.6.2. Componentes involucrados en una CDN

En una negociación de contenidos, desde que nace una petición desde el cliente hasta que llega al servidor que lo provee, intervienen diferentes actores. Estos actores permiten que el contenido llegue a destino y se pueda facturar sobre el servicio prestado. Estos componentes son:

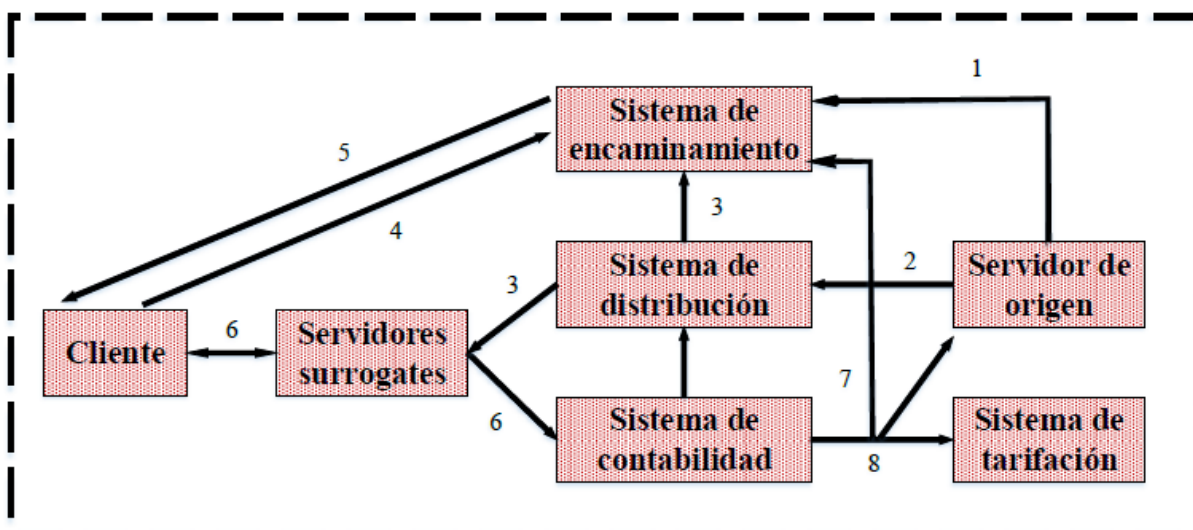
- **El proveedor de contenidos:** es aquel que genera el contenido a ser distribuido por la CDN. En caso de ser contenido WEB el proveedor delega el URL del objeto a ser distribuido. El servidor de origen del proveedor de contenidos es el encargado de mantener los contenidos actualizados y es lo que va a distribuirse por medio de la CDN.
- **Los usuarios finales:** son los consumidores del contenido. Estos ingresan al URL indicado para el proveedor del contenido a consumir, y la CDN se encarga de entregar el contenido solicitado.
- **Proveedor de CDN:** es una organización propietaria o empresa que proporciona las instalaciones de infraestructura necesaria a los proveedores de contenidos, con el fin de distribuir el contenido de manera oportuna y confiable. Dentro de lo que es la infraestructura del proveedor de CDN se encuentran:
 - **Sistema de encaminamiento:** es el encargado de hacer el transporte de las solicitudes y respuestas dentro de la red entre los diferentes componentes de red.
 - **Sistema de distribución:** es el encargado de decidir cómo se van a distribuir los contenidos generados en el servidor de origen dentro de la CDN.
 - **Sistema de contabilidad:** procesa y sintetiza la información obtenida en estadísticas y detalles de uso por contenido, facilitándoselos al servidor de origen y al sistema de tarifación.
 - **Sistema de tarifación:** es el encargado de realizar un conteo del contenido consumido de acuerdo al sistema de contabilidad y establecer los costos incurridos en el transporte y entrega de contenidos para cobrar al generador de contenidos por el servicio prestado.
 - **Surrogates:** es el servidor replica ubicado estratégicamente con los contenidos a entregar al usuario final.

⁴¹ (Galvez Huerta, 2016)

4.6.3. Negociación de contenidos

El **gráfico 4.6** muestra el funcionamiento de una CDN desde que el contenido es publicado en el servidor de origen hasta que es entregado al usuario.

Gráfico 4.6 – Negociación de contenidos



1. El servidor origen delega su espacio de nombres (URIs) al sistema de encaminamiento.
2. El servidor origen publica contenido web que debe ser distribuido por la CDN a través del sistema de distribución.
3. El sistema de distribución traslada el contenido a los *surrogates*. Adicionalmente, interacciona con el sistema de encaminamiento para colaborar en la selección del *surrogate* más adecuado.
4. El cliente solicita un documento web de lo que él percibe como servidor origen, pero la solicitud es realmente redirigida al sistema de encaminamiento.
5. El sistema de encaminamiento encamina la solicitud a un *surrogate* óptimo de la CDN.
6. El *surrogate* seleccionado sirve el contenido al cliente, e interactúa con el sistema de contabilidad.
7. El sistema de contabilidad procesa y sintetiza la información obtenida en estadísticas y detalles de uso por contenido, facilitándoselos al servidor origen y al sistema de tarificación o facturación. Las estadísticas también se mandan a modo de *feedback* al sistema de encaminamiento.
8. El sistema de tarificación emplea los registros detallados de contenido para liquidar cuentas con cada una de las partes involucradas en la distribución del contenido. Téngase en cuenta que el sistema de tarificación tiene sentido en las CDNs comerciales.

4.7. Clasificación de las CDN

Existen 6 tipos de CDN, en este apartado se explicará cada una de ellas y se darán los ejemplos correspondientes:

4.7.1. Pure-Play CDN

Son el tipo de CDNs que proporcionan la entrega de contenido de audio y vídeo over-the-top (OTT) sin que un ISP esté involucrado en el control y distribución de los contenidos en sí. Las Pure-play CDNs entregan contenido a través de la red de varios ISPs (por ejemplo, Akamai) o por infraestructura propia (en el caso de, Limelight Networks o Level 3)⁴²

4.7.2. Carrier/telco CDN

Los proveedores de banda ancha y las empresas de telecomunicaciones, por ejemplo, Telefónica, AT&T y Verizon, implementan servicios de CDN para reducir las demandas sobre su backbone y de este modo reducir la inversión en infraestructura para poder mantener una calidad de servicio aceptable. Para dar esta solución los ISP utilizan el hardware y software proporcionado por sus proveedores, por ejemplo, Cisco, Juniper o Alcatel.⁴³

4.7.3. Managed CDN

Consiste en un servicio prestado por parte de los pure-play CDNs a los ISPs para construir y gestionar una CDN dentro de su red. Para ello utiliza su personal especializado en el tema, por ejemplo, Limelight Deploy, esta empresa presta servicio a los ISPs para construir dentro de su red una CDN. Este enfoque permite que se aproveche la experiencia, infraestructura y software de un pure-play CDN.⁴⁴

4.7.4. Licensed CDN

Los Pure-play CDN también pueden proporcionar software CDN para la integración, pruebas y despliegue de la infraestructura de un ISP. Aunque la asistencia de integración está inicialmente disponible desde el proveedor pure-play CDN, el licensed CDN estará siendo administrado por el operador de la red. Por ejemplo, Akamai Aura proporciona productos para este tipo de CDN.⁴⁵⁴⁶

4.7.5. Federated CDN

Múltiples CDNs pueden interconectar sus redes y competir directamente en contra de los pure-play CDN. Será interesante y provechoso para un proveedor de contenidos entregar su contenido a uno de los participantes de la Federated. Cisco y Highwinds están trabajando para ser Federated CDNs.⁴⁷

4.7.6. Academic CDN

⁴² (Pathan, 2014)

⁴³ (Pathan, 2014)

⁴⁴ (Limelight, 2017)

⁴⁵ (Pathan, 2014)

⁴⁶ (Akamai, 2017)

⁴⁷ (Highwinds, 2017)

CAPITULO 4: Generación y entrega de contenidos

Es una CDN del tipo no comercial, creadas por instituciones académicas con el fin de tener disponible sus contenidos académicos al servicio de quien lo solicite. Un ejemplo de este tipo de red es CoDeeN, es una CDN de la Universidad de Princeton encargada de mejorar la percepción del servicio para los usuarios.⁴⁸

4.8. Principales CDN

A pesar de la clasificación hecha en el **apartado 4.7**, de forma genérica se distinguen dos tipos de CDNs en el mundo, y son las comerciales y las académicas.⁴⁹

4.8.1. CDN comerciales

La **tabla 4.1** representa las principales CDN comerciales del mundo y algunas de sus características.

Tabla 4.1 – CDN comerciales

Redes de distribución de contenidos Comerciales		
Nombre	Servicio y soluciones	Cobertura
<i>Akamai</i>	Servicios básicos de CDN incluyendo streaming (Edge Platform, Edge Control, NOCC)	80% del mercado. Dispone de más de 25000 servidores distribuidos en 900 redes ubicados en 69 países. Cerca del 20% del tráfico de internet pasa por estos servidores.
<i>EdgeStream</i>	Orientado fundamentalmente a streaming e IPTV (EdgeStream platform)	Proporciona video streaming sobre cable o ADSL por todo el planeta
<i>LimeLight Networks</i>	Live video y VoD, música, juegos y descarga de archivos (LimeLight ContentEdge, LimeLight, MediaEdge, LimeLight Custom CDN)	Dispone de servidores ubicados en 72 redes alrededor del mundo.
<i>Mirror Image</i>	Distribución de contenidos, streaming media, web computing (Global Content Caching, Extensible Rules Engine)	Dispone de servidores ubicados en 22 países alrededor del mundo.

4.8.2. CDN académicas

La **tabla 4.2** representa algunas de las CDN académicas del mundo y algunas de sus características.

⁴⁸ (Codeen, 2017)

⁴⁹ (Lab, 2017)

Tabla 4.2 – CDN académicas.

Redes de distribución de contenidos Académicas			
Nombre	Descripción	Servicios	Disponibilidad
<i>CoDeeN</i>	CDN para pruebas montada sobre PlanetLab. Implementada en C/C++ y testada en Linux (2.4/2.6) y MacOS (10.2/10.3)	Proporciona <i>Caching</i> de contenido y redirección de peticiones HTTP	No
<i>Coral</i>	CDN híbrida y gratuita que combina tecnologías P2P. Esta ubicada en PlanetLab. Implementada en C++ y testada en Linux, OpenBSD, FreeBSD y Mac OS X.	Proporciona replicación de contenido dependiendo de la popularidad de dicho contenido	Aunque no hay versión oficial, Coral es gratuito y se licencia bajo GPLv2.
<i>Globule</i> <i>Actualmente fuera de servicio</i>	CDN de código abierto colaborativa. Implementada mediante scripting PHP, C/C++ y testada en Unix/Linux y Windows	Proporciona replicación de contenido, monitorizando de servidores y redirección de clientes a réplicas disponibles	Globule es de código abierto, licenciado bajo BSD y bajo licencia del servidor HTTP Apache para el módulo correspondiente.

4.9. Relación de las CDN con los IXP

Las CDN en la actualidad pueden ofrecer todo tipo de contenidos, esto es una gran ventaja frente al fuerte crecimiento que tienen día a día los *smartphones* alrededor del mundo. Los *smartphones* permiten a los usuarios tener acceso a contenidos que años atrás era inimaginable. El gran reto al que se enfrentan hoy en día, tanto los proveedores de contenidos como los ISP, es a mejorar la calidad de percepción que tienen los usuarios finales cuando consumen un contenido determinado. Es por ello que el esfuerzo de los proveedores está centrado en intentar mejorar la percepción de los usuarios.

El consumo de contenidos alrededor del mundo presenta un comportamiento peculiar, y es que el consumo de contenidos en las diferentes regiones tiene un cierto grado de coincidencia entre los usuarios. Supongamos el caso de YouTube, los consumos de un usuario determinado tendrán en algunos casos un grado de coincidencia de hasta un 40% con otros usuarios. Supongamos un usuario en Argentina consume un video A, es probable que este video sea consumido en algunos casos por hasta el 40% del país. Este comportamiento se observa en prácticamente todos los contenidos que hay en internet y en todo el mundo⁵⁰.

Este es el principio que da lugar a los caches, en donde se descarga una sola vez el contenido y se lo distribuye desde el cache sin congestionar el servidor original. Para que un cache pueda funcionar de forma correcta se les deben proporcionar:

- **Alojamiento físico:** se debe proporcionar unidades de rack con alimentación redundante para alojar el cache y proporcionarle el mantenimiento y gestión necesarios para su funcionamiento.

⁵⁰ (CABASE, 2017)

- **Conectividad con el servidor original:** en muchos casos los caches están muy alejados con el servidor original por lo tanto necesitan una conexión internacional para poder replicar los contenidos.
- **Conectividad con los usuarios finales:** el usuario tiene que poder acceder hasta el cache para poder obtener los contenidos que este aloja.

Estas tres características necesarias para el funcionamiento pueden ser proporcionadas por un IXP, con la ventaja además de que proporciona un acceso al cache con una baja latencia para los usuarios pertenecientes al IXP. En el **capítulo 5** se verá el funcionamiento de los IXP en detalle. También se comprenderá como estos puntos de intercambio proporcionan el ecosistema ideal para el alojamiento de un cache perteneciente a alguna CDN.

4.10. CDI – Content Distribution Internetworking (RFC3466)

El estándar RFC3466 de la IETF, proporciona información sobre terminología y mejores prácticas de la interconexión de las redes de distribución de contenidos. Las terminologías de este documento se basan en una actualización del RFC3040 que trata sobre el web *caching* y los *mirror web*. Proporciona además antecedentes sobre las redes de contenidos e introduce los términos necesarios para comprender las redes de contenidos y como se interconectan entre ellas.⁵¹

⁵¹ (Tomlinson & Rzewski, 2003)

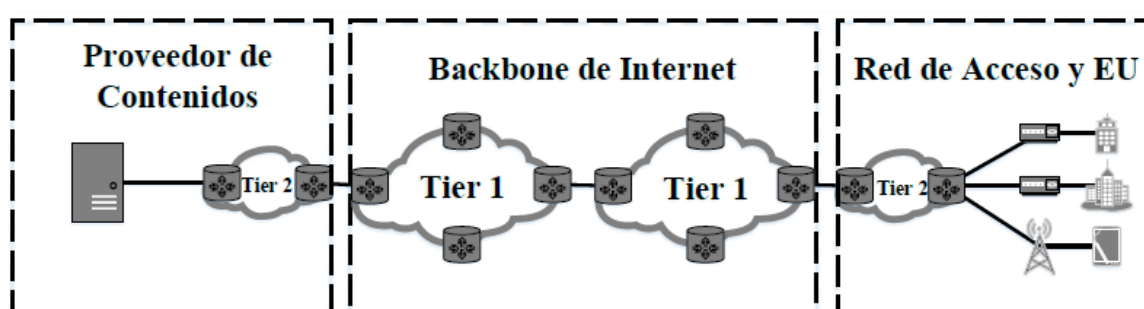
5. Interconexión de Redes en Internet

Internet es considerada la red de redes, en ella conviven una gran multiplicidad de participantes. Para que internet funcione con la versatilidad y potencia a la que lo hace, depende de una adecuada interconexión.

El ecosistema de internet se puede reducir en la interconexión de los siguientes actores:

- Proveedores de Servicios de Internet o ISP, descrito en la **sección 2.2.1** y **sección 2.2.3**.
- Proveedores de backbone y tránsito, descrito en la **sección 2.2.2**
- Proveedores de contenidos y redes de contenidos, descritos en el **capítulo 4**

Gráfico 5.1 – Cadena de valor de internet.



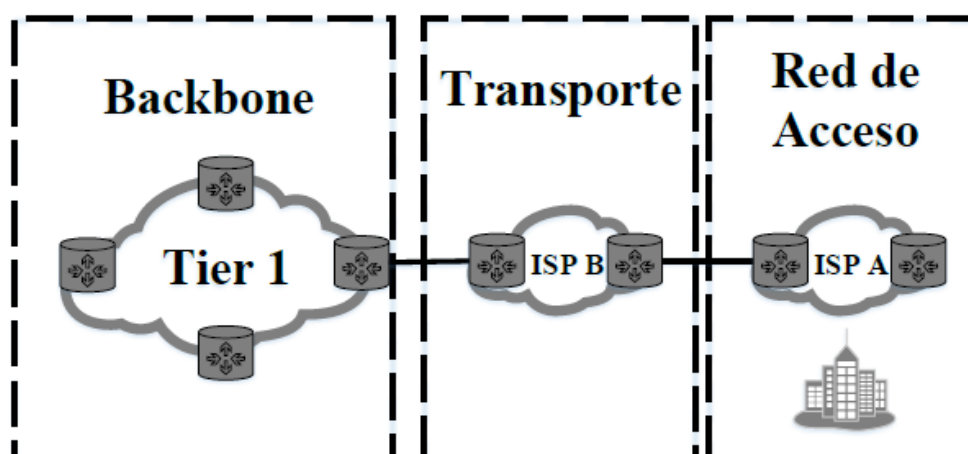
La interconexión entre estos participantes fue cambiando con el paso del tiempo, y están ligadas fuertemente con la ubicación de los proveedores y las posibilidades de acceso que tienen entre ellos. De igual forma para los proveedores de contenidos y los puntos de intercambio cercanos. Los acuerdos de interconexión también están limitados o promovidos por un marco regulatorio que varía de país en país, esto se verá con más detalle en el **capítulo 11**. La interconexión de redes se suele dar de dos que son el Peering y el Transito.

5.1. Transito

El transito es una relación de negocios entre un proveedor que genera tráfico y un proveedor de transito que le permite conectarse con el backbone de internet⁵². En el **gráfico 5.2** muestra un acuerdo de tránsito en donde el ISP A contrata al ISP B para que por medio de su red lo conecte con el backbone de internet.

⁵² (Galperin, 2013)

Gráfico 5.2 – Acuerdo comercial de Transito.



En el **gráfico 5.2** el ISP A generará su propio tráfico y solicita al ISP B que le provea acceso al internet global, a cambio de esto el ISP A deberá pagar por este servicio un monto mensual de acuerdo al tráfico cursado. Los precios se negocian entre las dos partes y dependen del volumen de tráfico y de las condiciones de mercado.

Existen 3 modelos de precios para cobrar el tránsito de Internet, y son:

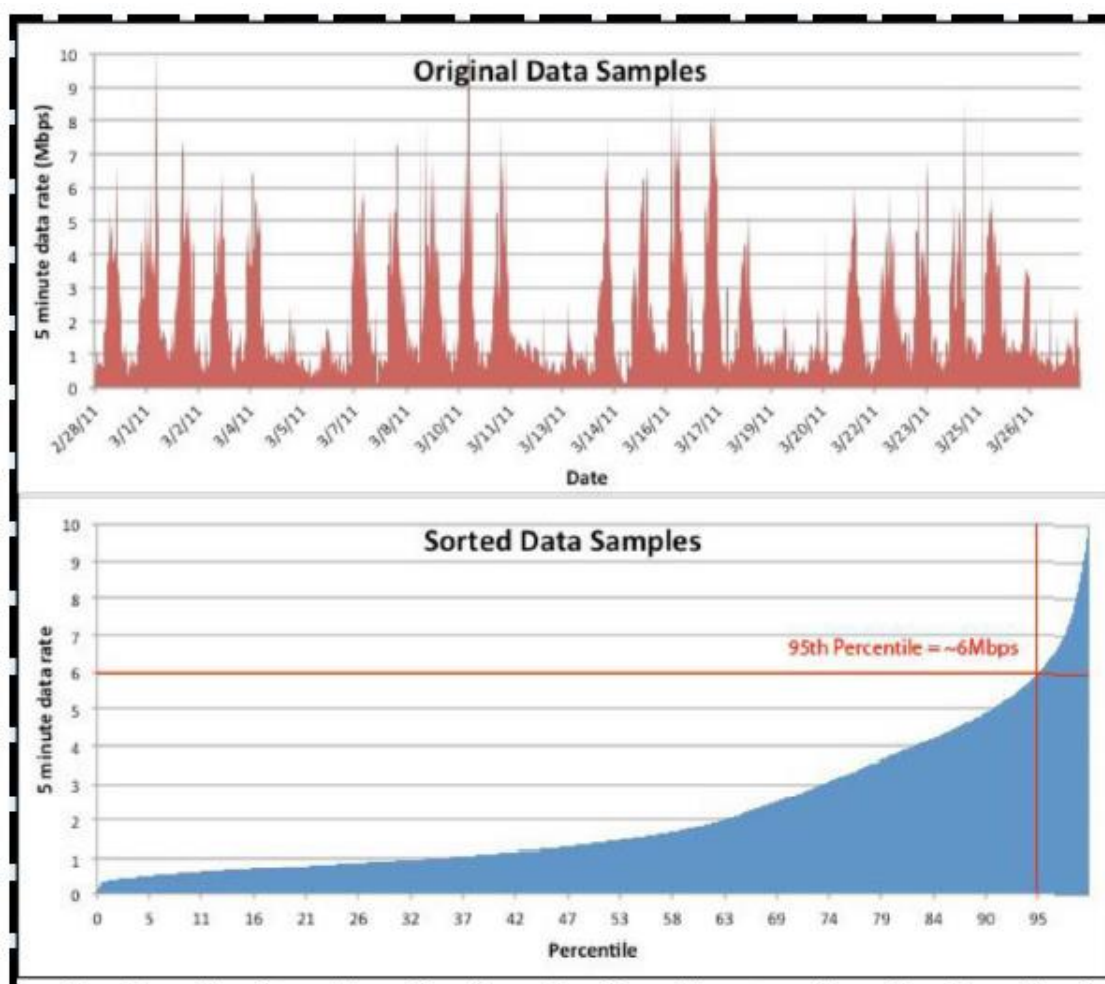
- **Por capacidad:** el transito es cobrado con base a la capacidad del enlace contratado. En este modelo, el proveedor va a pagar una cuota mensual fija independiente al uso que se le da al enlace⁵³.
- **Por tasa promedio:** el transito cobrado será a partir de un promedio del tráfico utilizado en el mes. Este modelo de precio es sensible a los picos de tráfico que puedan existir. Generalmente internet se comporta con horarios picos y usuarios casuales que pueden generar picos en la navegación, por lo que los ISP generadores de tráfico pueden estar utilizando tan solo un poco del enlace pero terminar pagando mucho más debido a estos picos ocasionales⁵⁴.
- **Percentil 95:** este modelo del pago por uso, en donde se toman muestras del tráfico cada 5 minutos durante el mes, para posteriormente organizarlas en orden ascendente y el 5% más alto se extrae. El valor en Mbps de la muestra restante de más alta utilización, es el valor de referencia de tráfico generado por el ISP, el cual es multiplicado por un valor de “precio por Mbps” para obtener el costo de tránsito. El **gráfico 5.3** muestra un ejemplo de este caso⁵⁵.

⁵³ (Comision de Regulaciones de comunicaciones, 2015)

⁵⁴ (Comision de Regulaciones de comunicaciones, 2015)

⁵⁵ (Comision de Regulaciones de comunicaciones, 2015)

Gráfico 5.3 – Modelo de facturación Percentil 95



Es común ver que los proveedores de tránsito, con el fin de fomentar el consumo de servicios, ofrezcan descuentos en los precios del tránsito de acuerdo al volumen de tráfico. Es decir, que mientras más tráfico genere el ISP, menor será el costo por Mbps que tendrá que pagar.

5.2. Peering

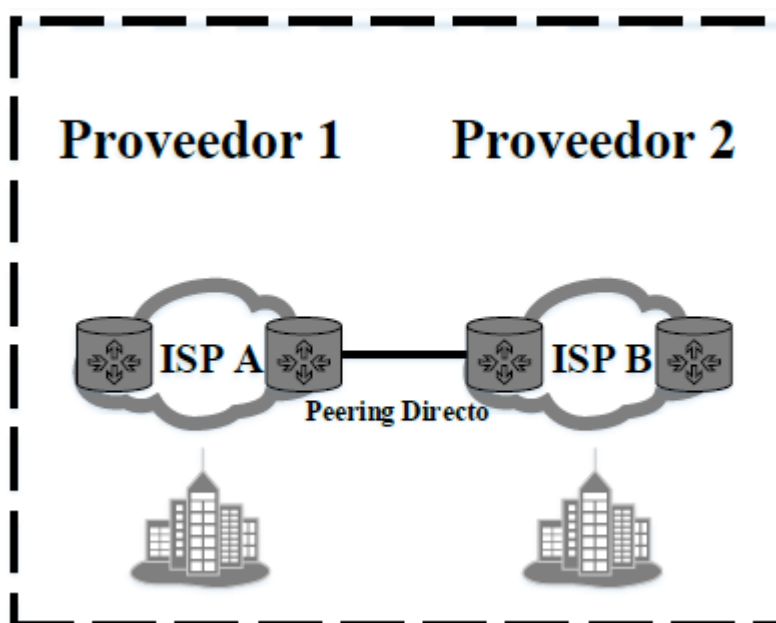
Los acuerdos de Peering corresponden a una relación de negocios entre dos o más proveedores en donde se proporcionan acceso mutuamente a sus clientes, generalmente este acuerdo no es oneroso. En un acuerdo de Peering, los participantes se comprometen a proporcionar acceso a toda su red para el intercambio de tráfico IP⁵⁶.

El Peering nace con fines comerciales, por ejemplo, en el **gráfico 5.4** tanto el ISP A como el ISP B tienen características similares en términos de capacidad, cobertura geográfica y calidad de servicio prestado, y ven que gran parte del tráfico generado en el ISP A tiene como destino el ISP B y viceversa. Es allí en donde deciden intercambiar

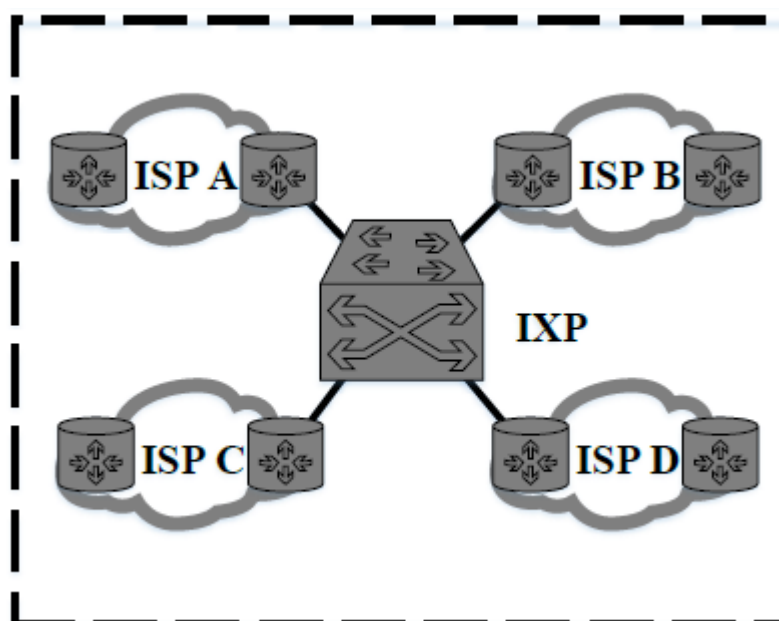
⁵⁶ (Galperin, 2013)

CAPITULO 5: Interconexión de Redes en Internet

tráfico entre ellos, esto traerá como beneficio una reducción en los costos de transporte y mejorará la calidad de servicio como primera medida.⁵⁷

Gráfico 5.4 - Peering

Existen diferentes acuerdos de Peering, esto depende de cómo se realiza la interconexión entre los operadores de red. Esto se puede ver en el **gráfico 5.5**.

Gráfico 5.5 – Peering por IXP

- **Directo:** consiste en un enlace punto a punto entre dos proveedores interesados en intercambiar su tráfico. En este modelo de interconexión no requiere un punto adicional fuera en donde se haga el intercambio entre redes. Se requiere un

⁵⁷ (Cicileo, 2018)

CAPITULO 5: Interconexión de Redes en Internet

medio físico entre los proveedores entre sus router de borde, ambos deben correr BGP para poder realizar la interconexión.

- **Por medio de un IXP:** Peering en el cual los proveedores se interconectan por el medio de un punto de intercambio de tráfico, descrito en la **sección 5.3**.

Si bien los acuerdos de Peering no existen pagos entre los proveedores, existe también el esquema de Peering pago, en el cual una red compensa de alguna manera a la otra por este servicio. Esta compensación se da cuando los proveedores que están celebrando este acuerdo no pueden equipararse en términos de despliegue, calidad de servicio o cobertura geográfica⁵⁸.

Originalmente, el Peering era un privilegio de los grandes proveedores T1, pero en la actualidad es común ver que se celebran acuerdos de Peering entre operadores de menor envergadura. Es común ver que un operador T3 se conecta a un IXP en donde está alojado un cache de un proveedor de contenidos importante, por ejemplo, Google o YouTube.

5.2.1. Peering vs Tránsito

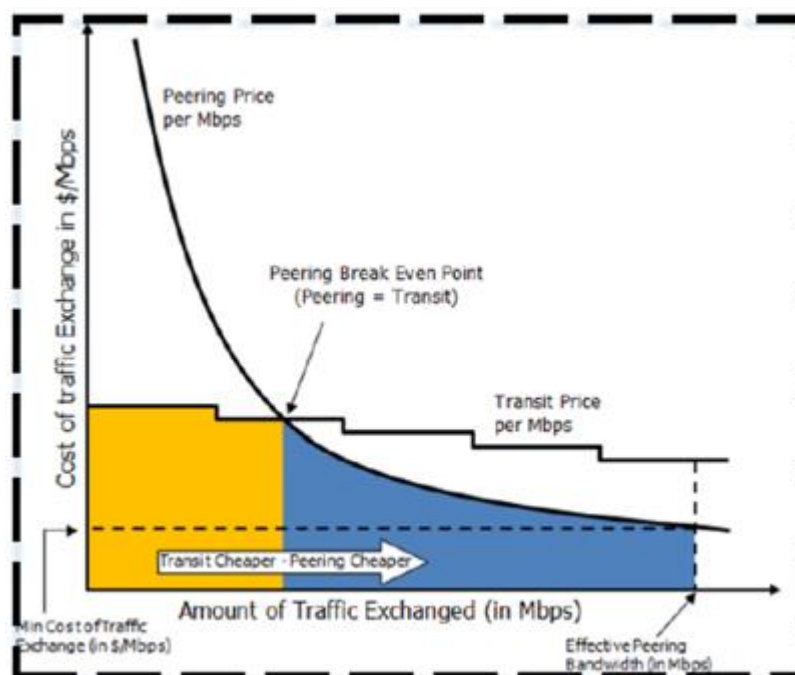
Los ISP que cuenten con los requisitos necesarios para hacer Peering deberán decidir entre hacerlo por medio de esta opción o comprar tránsito a un proveedor. La decisión del proveedor entre una u otra opción es un aspecto de planificación de la red y un análisis en los costos en el que el proveedor deberá incurrir. La opción de compra de tránsito tendrá un costo sobre el tráfico generado, pero ahorra en inversiones de infraestructura de red, este ahorro tiene como consecuencia un ahorro de costos operacionales. De igual forma el Peering reduce los costos sobre el tráfico generado, pero es necesario la adquisición de equipamiento dedicado a la interconexión, lo cual incurre también en costos operativos sobre estos nuevos equipamientos⁵⁹.

El ISP debe analizar estos factores para tomar una decisión entre hacer Peering o contratar tránsito. Existe un nivel de tráfico en el cual para un proveedor resulta equivalente hacer Peering o tránsito económicamente hablando, a este punto se lo denomina punto de equilibrio de Peering. Esto queda representado en el **gráfico 5.6**.

⁵⁸ (Comision de Regulaciones de comunicaciones, 2015)

⁵⁹ (Expansion de infraestructura regional para la interconexion de trafico en america latina , 2014)

Gráfico 5.6 – Equilibrio entre Transito y Peering



La decisión entre hacer Peering o tránsito depende entonces de la cantidad de tráfico que va a intercambiar el ISP. En el **gráfico 5.7** se ve que desde el punto de vista económico, por encima del punto de equilibrio, el ISP le conviene hacer Peering y por debajo le conviene elegir el tránsito⁶⁰. El punto de equilibrio se lo puede representar con la ecuación:

$$\text{Punto de equilibrio (Mbps)} = \frac{\text{Costo mensual de peering (\$)}}{\text{Costo mensual de tránsito (\$/Mbps)}}$$

5.3. Puntos de Intercambio de Trafico o IXP

Internet está compuesto por diferentes actores, estos básicamente van desde los proveedores y generadores de contenidos hasta los usuarios. Para que internet funcione de la manera en la que lo hace es necesario que estos diferentes actores se interconecten entre sí. Un Punto de Intercambio de Trafico o *Internet Exchange Point-IXP* es una infraestructura física en donde actores del ecosistema de internet intercambian tráfico IP.

Si bien para un proveedor es posible acceder a todo internet contratando tránsito internacional a un proveedor de mayor envergadura, es más que seguro que parte del tráfico que genera tenga un destino local u nacional, lo cual generaría que el tráfico nacional se intercambie en el exterior. Es aquí donde los IXP cumplen un papel importante en el intercambio de tráfico local o nacional de internet, esto tendrá múltiples beneficios, estos se describen a continuación:

- **Menores costos de tránsito:** un IXP permite hacer que el tráfico local o nacional no tenga que hacer el intercambio de red en un punto de intercambio

⁶⁰ (Comision de Regulaciones de comunicaciones, 2015)

CAPITULO 5: Interconexión de Redes en Internet

internacional. Esto se traduce en una reducción en los costos de tráfico internacional ya que el ISP no tiene que pagar tránsito para enviar tráfico nacional o local a un punto internacional. El alojamiento de contenidos de forma local en cache en el IXP también ayuda a la reducción de los costos de tránsito.

- **Costos de interconexión más bajos:** una sola conexión a un IXP permite el Peering con múltiples operadores. A su vez cuando más operadores se conectan a un IXP, mayor es su importancia y valor, lo que atrae a nuevos operadores. La ausencia de un IXP a nivel nacional deriva en situaciones en donde los ISP tienen que establecer conexiones tipo malla con el resto de los proveedores u utilizar IXP de países vecinos.
- **Mejor calidad de servicio:** los IXP permiten a las redes intercambiar el tráfico localmente, lo cual implica una menor cantidad de saltos de los paquetes en su viaje hasta destino, traducándose en una menor latencia. Este es un punto importante para los servicios que corren en tiempo real y son sensibles al tiempo como por ejemplo VoIP⁶¹. Los IXP son el ambiente óptimo para el alojamiento de contenido, por ello es que cuando las CDN se conectan directamente la calidad de acceso a los contenidos aumenta considerablemente. La presencia de un IXP también incrementa la cantidad de rutas disponibles, lo que mejora el desempeño y robustez de la red.
- **Mayor autonomía:** los IXP independizan las comunicaciones locales de la conectividad internacional, como resultado de lo cual se obtiene una infraestructura local de internet robusta y confiable. Es decir, no está limitada a la conectividad internacional lo cual en una posible interrupción de servicios la red puede hacer frente a las conexiones nacionales.
- **Incentivos para inversiones en infraestructura:** los ISP locales tienden a ubicarse lejos del núcleo central de internet, y en muchos casos, son más que revendedores de la conectividad a internet que les proveen los ISP de mayor jerarquía. La presencia de IXP es un incentivo a los ISP local para que inviertan en infraestructura propia a fin de administrar su tráfico y transportarlo al punto de intercambio en donde se podrá negociar y combinar con otras redes. Que los proveedores puedan administrar su propia infraestructura les permite crecer poco a poco en su despliegue lo que les permitirá crecer y competir a un nivel mayor⁶².

5.3.1. Tipos de acuerdos de Peering en un IXP

Los ISP pueden celebrar diferentes acuerdos de Peering, de acuerdo a lo que consideren más conveniente. Estos acuerdos se realizan en un IXP y se pueden clasificar en Acuerdos Bilaterales o Acuerdos Multilaterales⁶³.

5.3.1.1. Acuerdos Bilaterales

Los acuerdos bilaterales o también llamados acuerdos privados, son aquellos en donde los ISP establecen una conexión punto a punto entre ellos dentro del IXP. Este enlace punto a punto usa como intermediario el IXP, pero no utiliza su switch

⁶¹ (RFC 6405, Voice over IP)

⁶² (Comision de Regulaciones de comunicaciones, 2015)

⁶³ (Comision de Regulaciones de comunicaciones, 2015) (Cicileo, 2018)

para hacer el intercambio, lo que mantiene las sesiones BGP privadas entre los dos participantes. El **gráfico 5.7** muestra este caso.

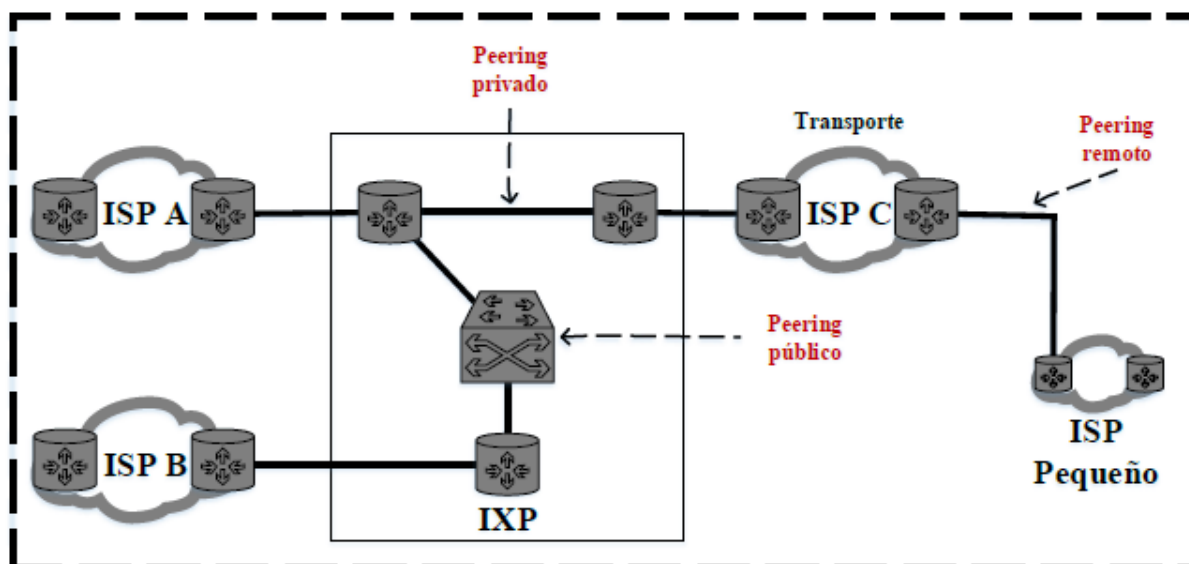
5.3.1.2. Acuerdos multilaterales

Los acuerdos multilaterales o también llamados acuerdos públicos, son aquellos donde los ISP participantes del acuerdo se conectan a un switch central que está alojado en el IXP. Este switch permite a los participantes conocer todas las rutas por medio de las sesiones BGP establecidas entre los router de borde de cada ISP y el switch central del IXP. El **gráfico 5.7** muestra este caso.

5.3.1.3. Peering Remoto

En ocasiones hay ISP que no tienen posibilidad, por cuestiones de inversión o infraestructura, de tener presencia física en el IXP. El Peering remoto se da cuando el ISP obtiene acceso al IXP a través de un proveedor de Peering remoto, dicho proveedor ya cuenta con acceso. Este método de interconexión es generalmente utilizado por los ISP pequeños, ya que tiene la ventaja de que no genera costos debe invertir mucho en el tendido para llegar al IXP, en compra de equipos, por despliegue o instalación, y como principal ventaja la puesta en marcha es mucho más rápida que el Peering tradicional. Este tipo de acuerdo puede ser tanto bilateral como multilateral. El **gráfico 5.7** muestra este caso de Peering.

Gráfico 5.7 – Diferentes tipos de Peering en el IXP



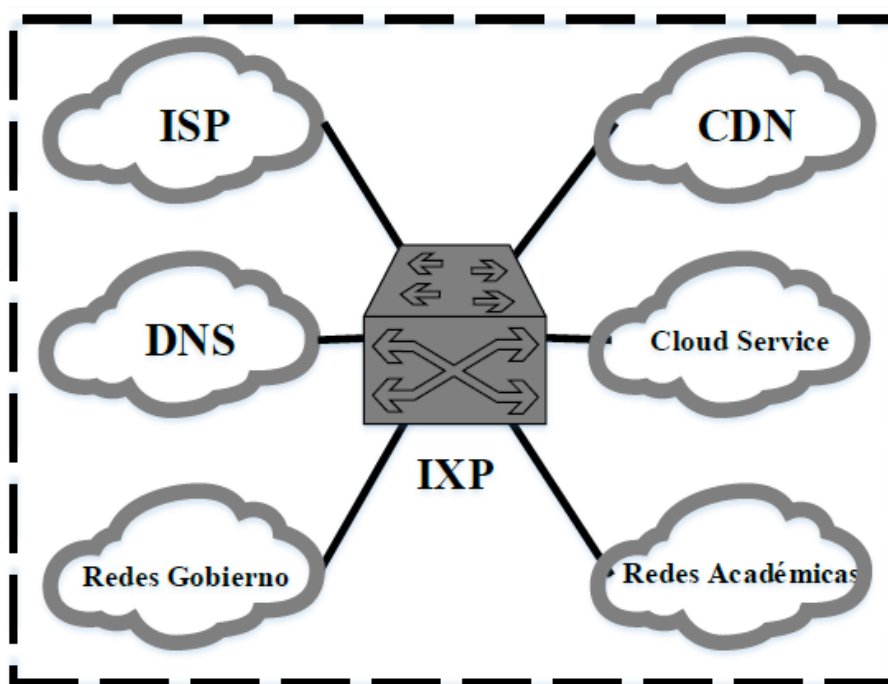
5.3.2. Integrantes de un IXP

Los principales interesados en intercambiar información en un punto de intercambio de tráfico son los ISP, las CDNs, empresas de *cloud service*, las redes de gobiernos, redes académicas y servidores de DNS. Existe una ley aplicable para este caso, la Ley de Metcalfe la cual dice “el valor de una red de comunicaciones aumenta proporcionalmente al cuadrado del número de usuarios del sistema (n^2)”⁶⁴. Lo cual

⁶⁴ (https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Metcalfe, 2018)

deja en evidencia que mientras más sean los usuarios conectados al IXP hará crecer su potencial. El **gráfico 5.8** muestra el ecosistema de internet en un IXP.

Gráfico 5.8 – Ecosistema en un IXP



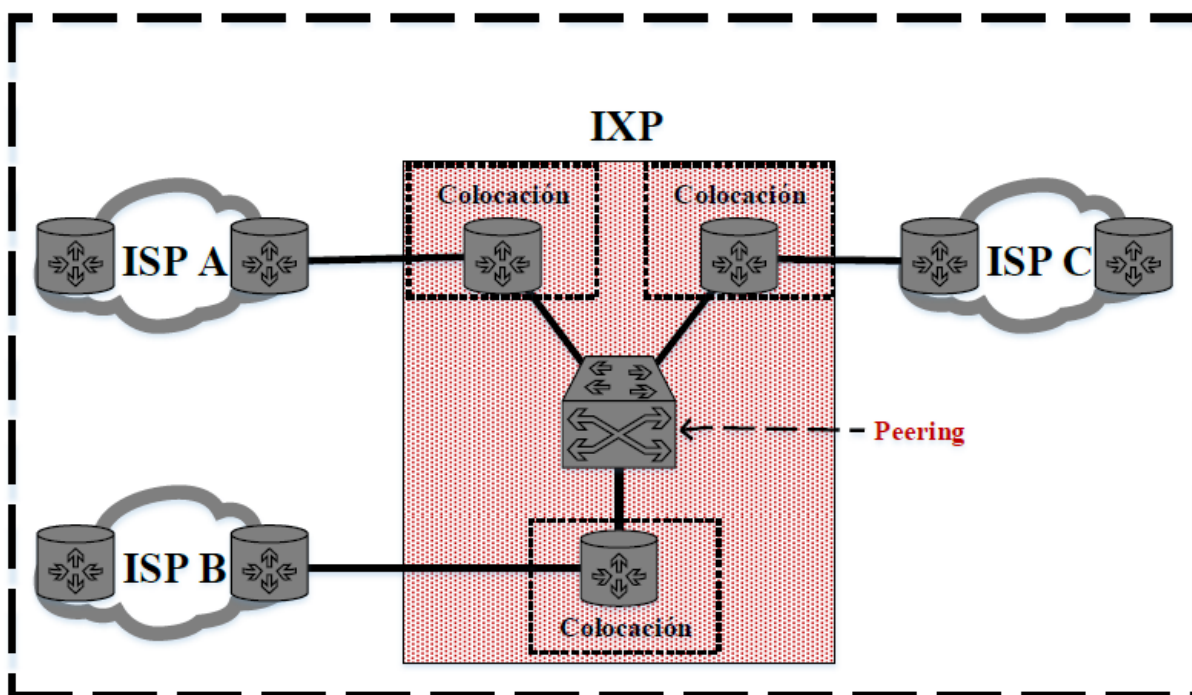
5.3.3. Clasificación técnica de un IXP

Como primera medida los IXP pueden clasificarse de acuerdo a si permiten que los interesados en conectarse al punto puedan alojar sus equipos en las instalaciones del IXP. Se pueden clasificar en:

- **De intercambio centralizado:** también denominado *Centralized Exchange*, en este caso el IXP ofrece servicios de colocación y de interconexión en el mismo lugar físico en donde se encuentra el punto de intercambio central. En el **gráfico 5.9** se puede ver esta configuración⁶⁵.

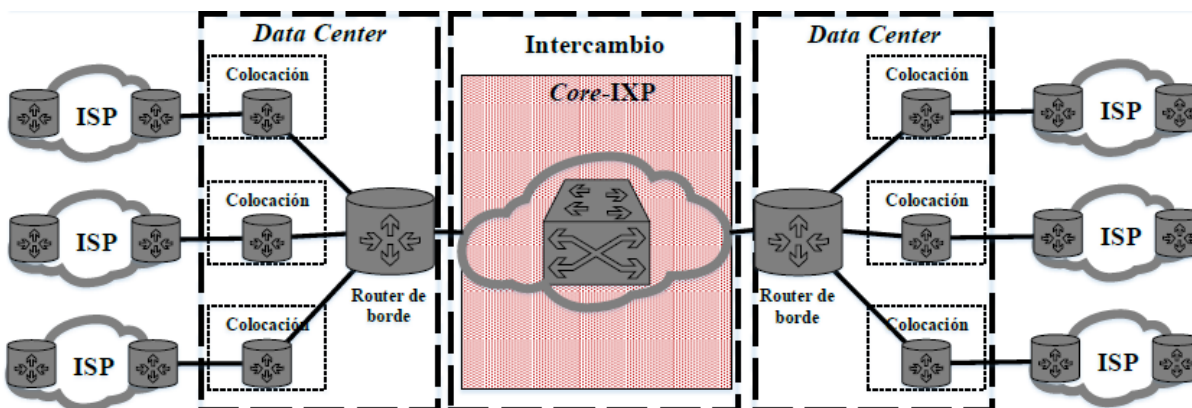
⁶⁵ (Comision de Regulaciones de comunicaciones, 2015)

Gráfico 5.9 – Intercambio Centralizado



- **De intercambio distribuido:** también denominado *Distributed Exchange*, en este caso la colocación se realiza en instalaciones de empresas que ofrecen servicios de data center. Estas empresas se encargan de mantener una calidad de servicio para los proveedores y ellos deben contratar por separado lo que respecta a la interconexión en el IXP. De esta forma los interesados de participar en el IXP contratan de manera independiente los servicios de colocación y los de interconexión⁶⁶. En el **gráfico 5.10** se puede observar esta configuración.

Gráfico 5.10 – Intercambio Distribuido.



Una vez identificado si los IXP brindan colocación o no se pueden diferenciar de acuerdo al equipamiento que utilizan para hacer el intercambio de tráfico

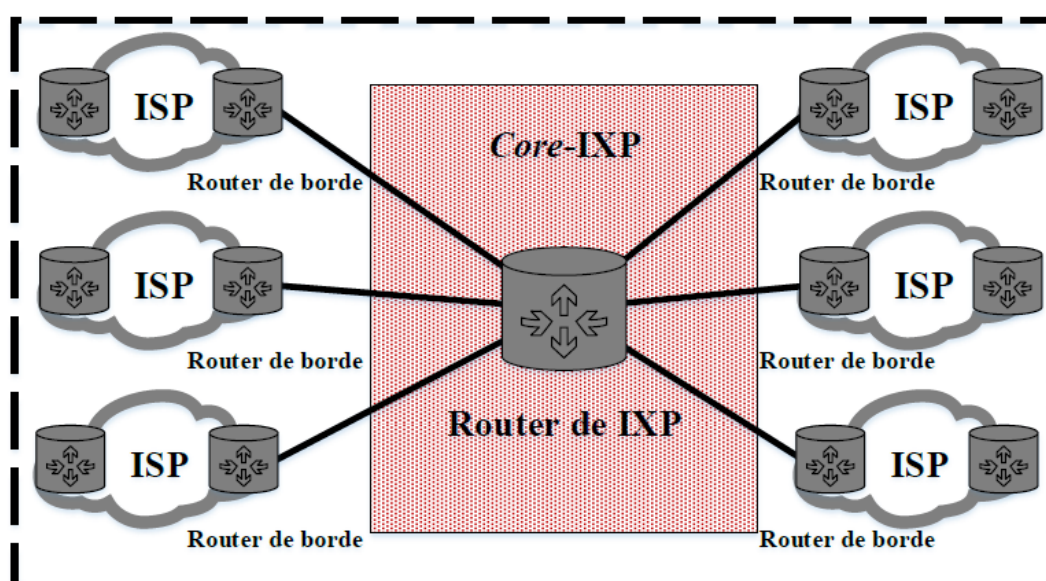
⁶⁶ (Comision de Regulaciones de comunicaciones, 2015)

entre las redes. Existen tres formas de clasificar los IXP y son el modelo de capa 3, el modelo de solo capa 2 y el modelo de capa 2 + *route server*⁶⁷.

5.3.3.1. Modelo de capa 3

El modelo de capa 3 consiste en un router centralizado encargado de todo el intercambio entre las redes conectadas al IXP. Los proveedores interesados en conectarse deberán contar con un router de borde directamente conectado al router central del IXP encargado de administrar todas las sesiones eBGP y conocer todas las rutas posibles de todas las redes conectadas. Este modelo queda representado en el **gráfico 5.11**, se ve también en el gráfico que los proveedores pueden intercambiar tráfico entre ellos de manera privada en caso de que lo crean necesario por alguna razón.

Gráfico 5.11 – IXP de capa 3



En general este modelo resulta menos costoso y de una instalación sencilla que el modelo de capa 2, pero limita la autonomía a sus miembros, ya que ofrece a los proveedores menos control sobre la decisión de con quien se conecta voluntariamente y los hace depender de un tercero para configurar correctamente las rutas y realizar su mantenimiento, lo cual exige que el personal del IXP tenga mayor competencia técnica en temas de enrutamiento.

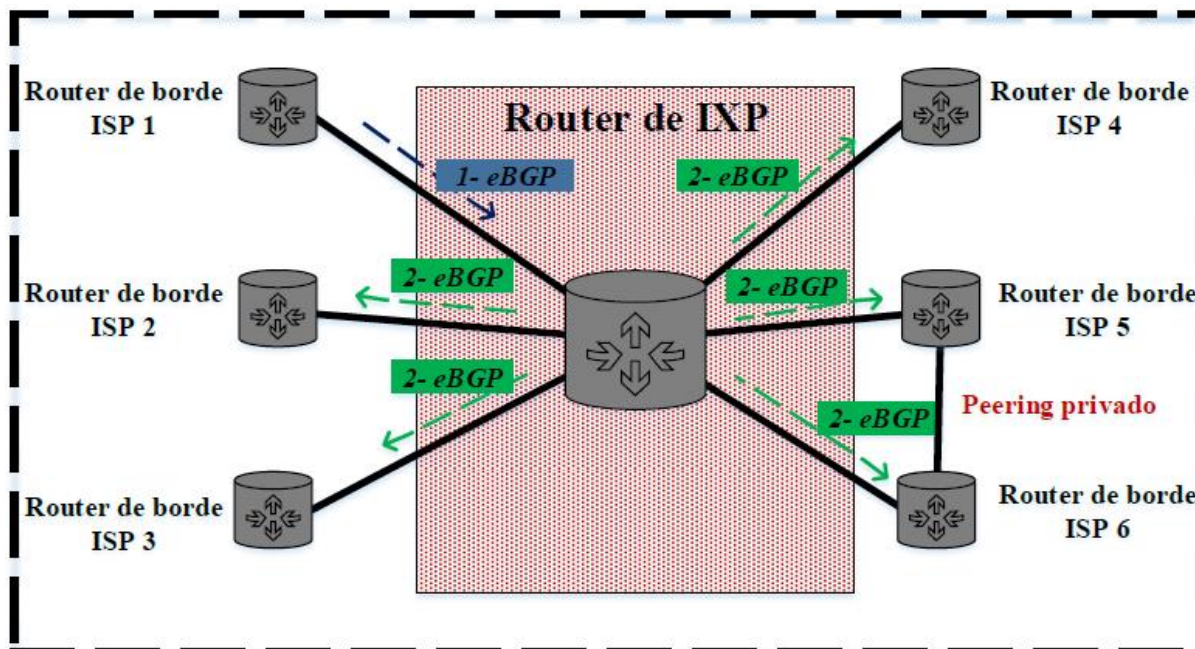
5.3.3.1.1. Funcionamiento del modelo de capa 3

Para este modelo, el router de borde de un proveedor establece sesiones eBGP con el router central compartiendo sus rutas de acuerdo a políticas preestablecidas. El router central se encarga de establecer nuevas sesiones eBGP para compartir estas rutas aprendidas con los router de borde del resto de proveedores conectados al punto de intercambio. Este proceso lo hace por cada uno de los proveedores conectados al IXP. Si existe una conexión de *peering* privado, los router de borde de los proveedores interconectados establecen sesiones eBGP entre ellos para tener una alternativa extra a las rutas aprendidas

⁶⁷ (Cicileo, 2018)

por el router del IXP. Esto se puede apreciar en el **gráfico 5.12** en el cual los proveedores establecen sesiones eBGP con el router central y viceversa para poder compartir las rutas y el tráfico que es necesario intercambiar.

Gráfico 5.12 – Funcionamiento del modelo de capa 3.

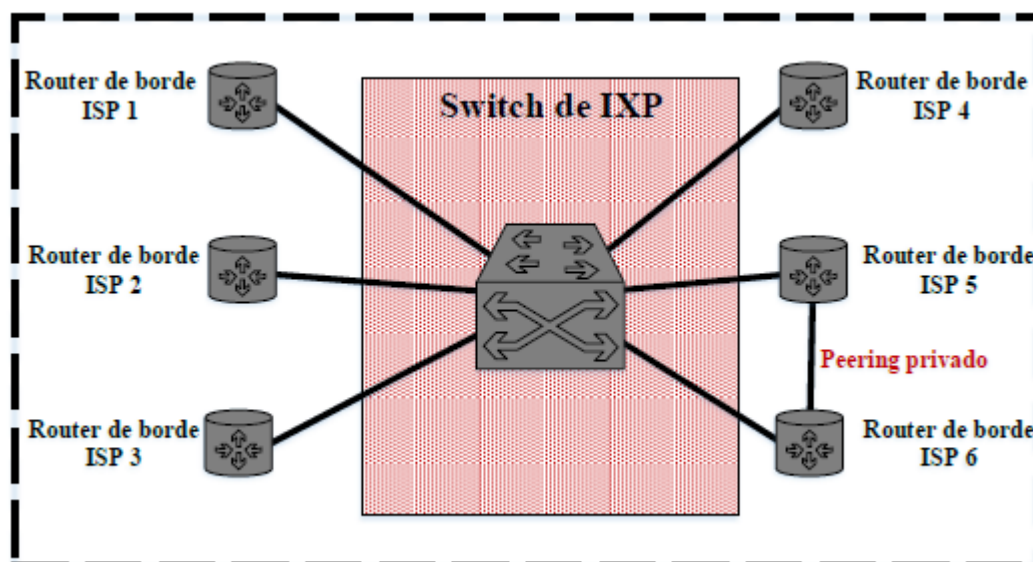


El router central conoce todas las rutas de las redes que tiene conectada, si esto no se configura de manera correcta puede que haya destinos inaccesibles dentro de la red con todas las contras que esto implica.

5.3.3.2. Modelo de solo capa 2

En el modelo de solo capa 2, el intercambio de tráfico se hace por medio de un switch central. Al igual que en el modelo de capa 3 los interesados en participar en el IXP deberán contar con un router de borde que será el que estará conectado con el switch central. El switch central no tendrá conocimiento de las rutas de cada red conectada a él, tan solo sabrá la dirección de los router de borde conectados a él para intercambiar el tráfico. El **gráfico 5.13** muestra un IXP solo de capa 2, se ve que también se puede hacer *peering* privado entre las redes conectadas si así lo creen conveniente los operadores de dichas redes.

Gráfico 5.13 – IXP de solo capa 2

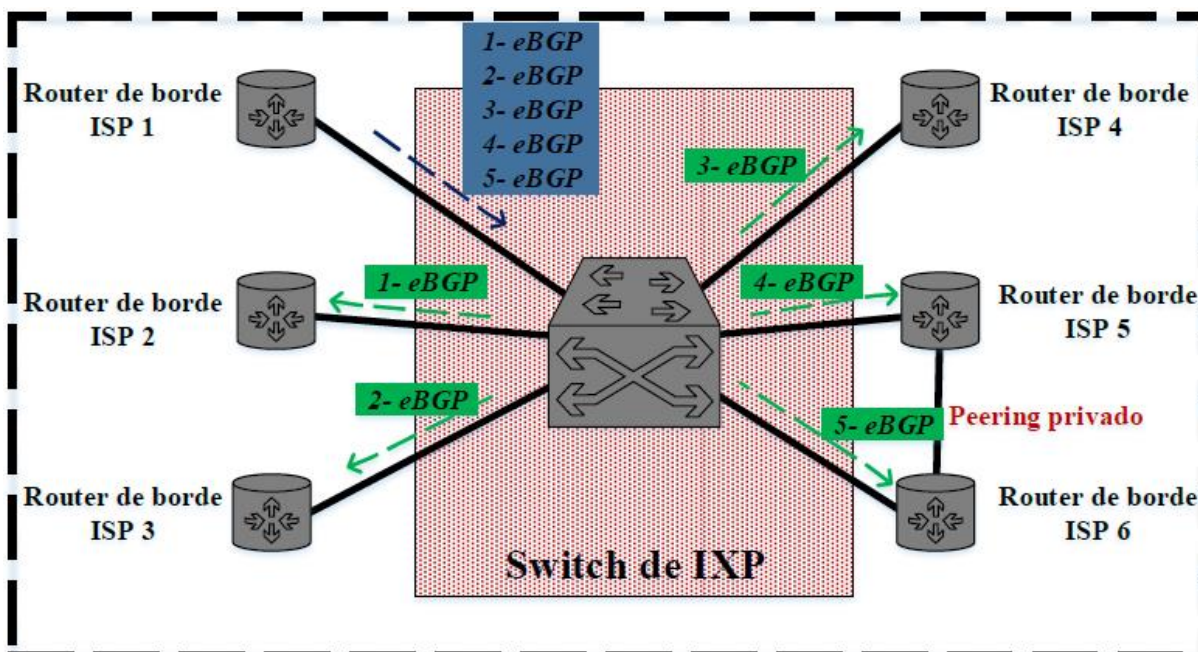


Este modelo en un principio es de una difícil instalación, ya que se requieren configuraciones adicionales en cada red de cada proveedor. Pero este modelo una vez estabilizado y puesto en marcha con un correcto funcionamiento, permite a los operadores de red tener autonomía sobre su propia red. De esta forma no es necesario tener personal técnicamente muy avanzado para la operación y mantenimiento del switch.

5.3.3.2.1. Funcionamiento del modelo de solo capa 2

En este modelo es similar a lo que sería un *full mesh* virtual, en donde todos los router de borde de los proveedores están conectados por medio de un switch de capa 2. Cada router de borde establece sesiones eBGP con los router conectados al switch, para ser precisos establece una sesión eBGP por cada router de borde conectado al switch. Esto lo llevara a que cada router de borde guarde toda la información de enrutamiento de cada uno de sus router vecinos. Esto se puede ver en el **gráfico 5.14**.

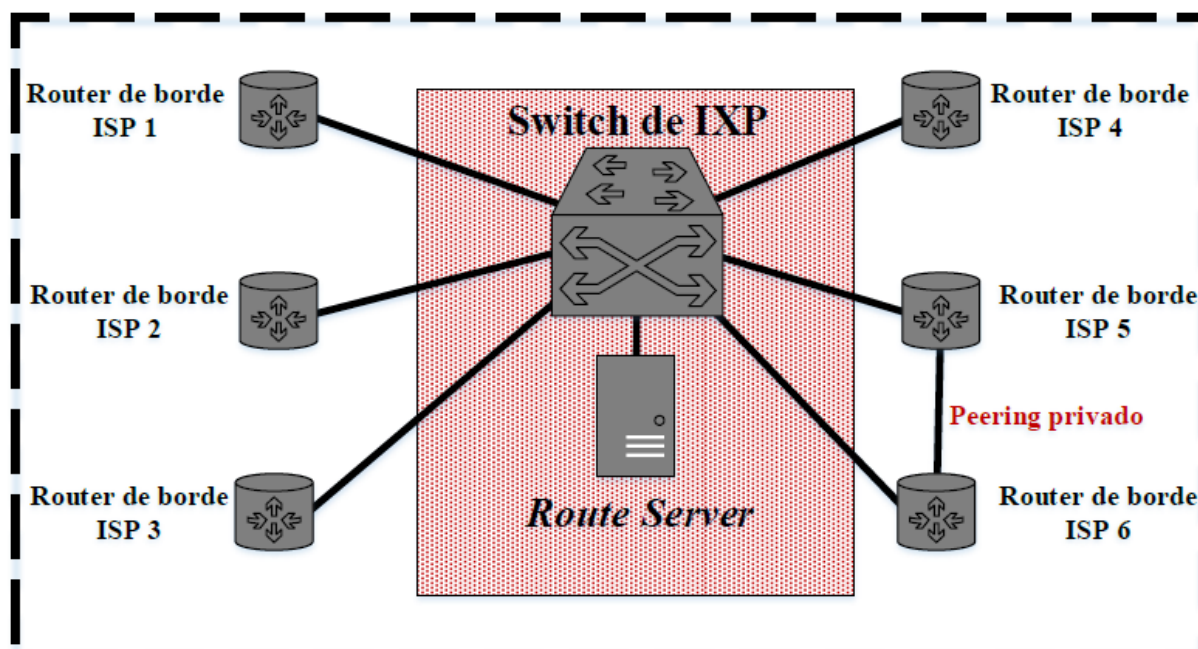
Gráfico 5.14 – Funcionamiento del modelo solo de capa 2



5.3.3.3. Modelo de capa 2 + Route Server

Este modelo es el más utilizado para implementar un IXP, es igual al modelo de capa 2 explicado anteriormente, pero agrega en su arquitectura un equipo adicional llamado *route server*. Este servidor normalmente es en un servidor Unix corriendo software de enrutamiento ya sea *open source* o propietario. Es el encargado de intercambiar la información de ruteo con los router de borde de cada proveedor conectado al IXP. El **gráfico 5.15** muestra la arquitectura de un IXP de capa 2 con *route server*.

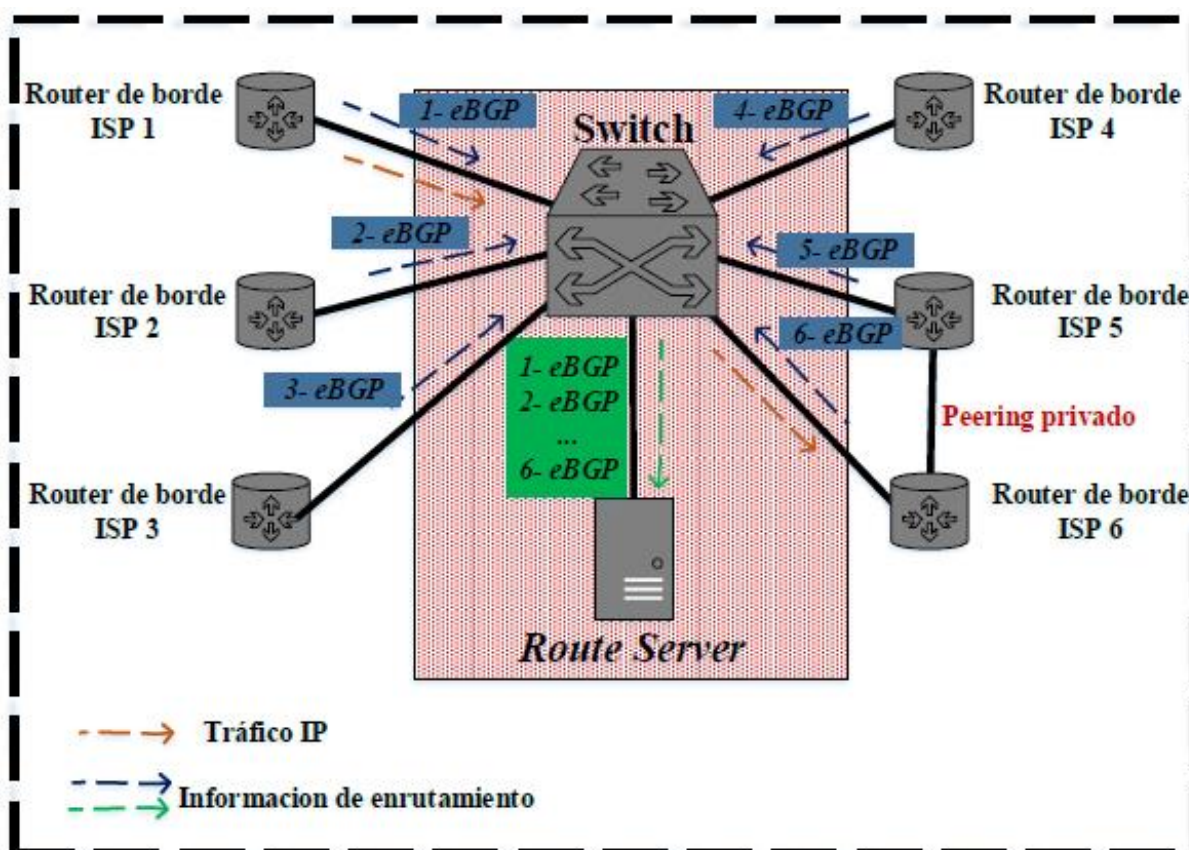
Gráfico 5.15 – IXP de capa 2 + Route Server



5.3.3.3.1. Funcionamiento del modelo de capa 2 + *Route Server*

Su funcionamiento es similar al modelo de capa 3, en donde los router de borde establecen sesiones eBGP con el *route server* para dar a conocer sus rutas. Este servidor guarda esta información de rutas y las comparte mediante nuevas sesiones eBGP con el resto de router de borde del resto de los proveedores. En caso de que este servidor esté conectado a otro *route server* compartirá la información de rutas con el segundo servidor. Si bien este servidor solo maneja información de ruteo, no hace manejo de ningún paquete de datos. El **gráfico 5.16** muestra esta particularidad.

Gráfico 5.16 – Funcionamiento del modelo de capa 2 + *Route Server*.



6. Tendencias internacionales en el desarrollo IXP

Hasta este punto se han visto todos los aspectos teóricos en lo que respecta a los puntos de intercambio de tráfico. Haciendo un análisis del ecosistema en el que convive un IXP, analizando proveedores, CDN y posibles interesados en participar del punto. Como así también los requisitos necesarios para un correcto funcionamiento del IXP y las ventajas que este puede brindar desde el punto de vista técnico.

Este capítulo presentara las mejores prácticas utilizadas a nivel internacional para el despliegue de puntos de intercambio. Esto comprende desde los modelos de acuerdo con el desarrollo, modelos operativos, estructuras de organización, marcos regulatorios y políticas públicas que tengan impacto en el sector.

6.1. Modelos para el desarrollo de un IXP

Si bien no existen límites definidos para el despliegue de un IXP, existen diferentes alternativas para su conformación. A nivel mundial los IXP han ido variando desde asociaciones de entidades sin fines de lucro, hasta modelos con fines netamente comerciales o una combinación de ellos. A nivel internacional, los diferentes tipos de asociaciones posibles llevan a identificar tres modelos de acuerdo con su nivel de desarrollo. Cada uno de estos modelos presenta características a nivel organizativo, de negocio, gobernanza y aspectos técnicos que son interesantes de analizar. Para este análisis se toma la clasificación hecha por el CAF⁶⁸ y esta define tres modelos posibles:

- **Modelo de lanzamiento**
- **Modelo formalizado**
- **Modelo privatizado**

6.1.1. Modelo de lanzamiento

La modelo de lanzamiento de IXP está basado en una organización sin fines de lucro, estructurada como una cooperativa de miembros fundadores. En donde está patrocinado por universidades o centros de investigación. Posee una estructura organizativa liviana y a nivel operativo es voluntaria y colaborativa por parte de los miembros.

Se origina por la necesidad de interconexión entre los interesados, y la falta de puntos cercanos en donde se pueda obtener este servicio. Las entidades académicas garantizan la neutralidad del punto, es por ello por lo que se eligen universidades como puntos importantes para este modelo.

6.1.1.1. Modelo operativo y estructura organizativa para el modelo de lanzamiento

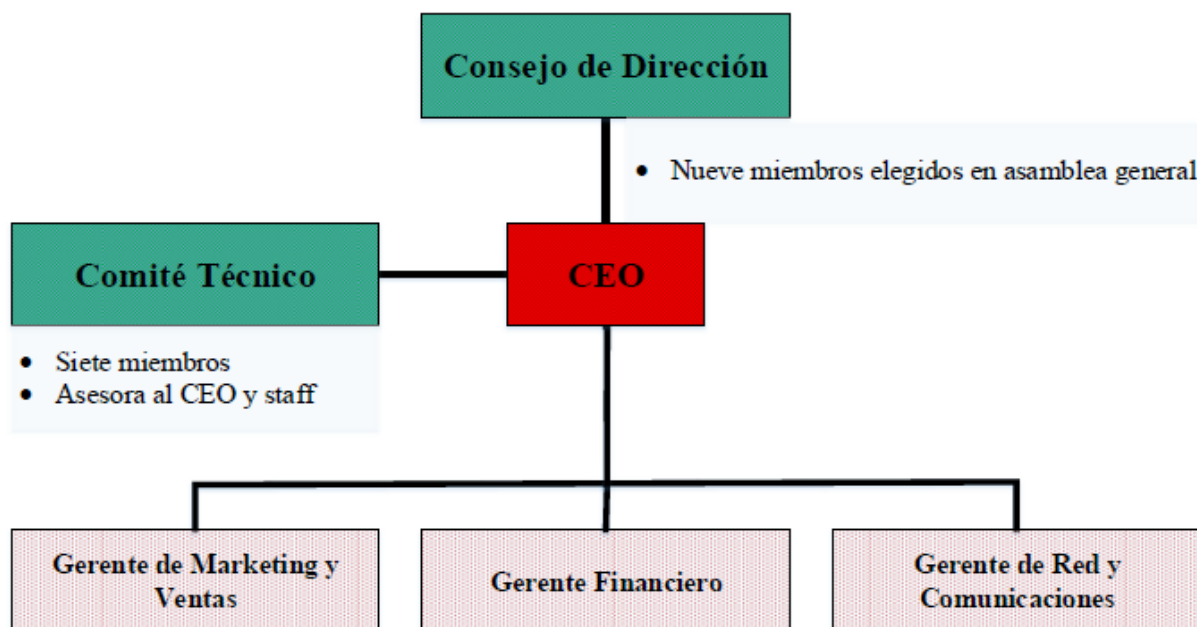
Si bien no existe una estructura definida para cada uno de los modelos se puede observar las tendencias a nivel internacional. En el modelo de lanzamiento, la organización del IXP se basa en una asociación cooperativa de sus miembros lo que lleva a que la gobernanza sea dirigida por una asamblea compuesta por ellos mismos. En otras palabras, toda la gestión administrativa necesaria para el

⁶⁸ CAF – Banco de Desarrollo de América Latina

CAPITULO 6: Tendencias internacionales en el desarrollo IXP

funcionamiento del IXP tiene una activa participación de los miembros fundadores. Los miembros asumen tres posiciones estables frente al modelo organizativo y estas son la gerencia de marketing y ventas, la gerencia financiera y la gerencia técnica y operacional. El **gráfico 6.1** muestra la estructura organizativa del IXPN de Nigeria, se puede ver allí las tres áreas en donde participan los miembros fundadores.

Gráfico 6.1 – Modelo organizativo de IXPN⁶⁹



La gestión operativa del modelo de lanzamiento normalmente es efectuada por voluntarios o es tercerizada por alguna universidad o entidad académica. Esto se debe que es necesario mantener la neutralidad del punto de interconexión.

6.1.2. Modelo formalizado

A medida que aumenta el número de miembros, empieza a materializarse la necesidad de mantener un modelo operativo estable que pueda hacer frente a la calidad de servicio necesaria para el IXP. Es así como el modelo formalizado presenta un cambio frente al modelo de lanzamiento, mantiene su postura de entidad sin fines de lucros, pero el IXP comienza a ser gestionado de acuerdo a prácticas comerciales.

Inicialmente, la formalización implica la transformación desde una cooperativa de los miembros fundadores a una corporación regida por un proceso de gobernanza estructurado. La gobernanza, para este modelo, funciona con una gerencia para cada área, esta reporta al consejo de dirección y este a su vez a la asamblea de miembros fundadores.

Este modelo lo componen sus miembros fundadores y también abre la posibilidad que participen nuevos clientes al IXP bajo contrato.

⁶⁹ <http://ixp.net.ng/>

CAPITULO 6: Tendencias internacionales en el desarrollo IXP

La transición del modelo de lanzamiento al modelo formalizado sin fines de lucros en parte está impulsada por un fin comercial, que es aumentar la base de miembros para poder reducir los costos de interconexión. Al mismo tiempo al prestar un servicio de interconexión es necesario poder dar la mejor infraestructura posible a los proveedores esto demanda una inversión constante en equipamiento. Este punto genera un incentivo en ganar participantes para que los ingresos sustenten el crecimiento del IXP.

La principal razón por la cual el IXP mantiene su carácter de organización sin fines de lucros es:

- Las rentas económicas se reinvierten en infraestructura o se genera un fondo para continuar financiando el crecimiento.
- El modelo sin fines de lucros mantiene una relación de neutralidad entre sus participantes.

6.1.2.1. Modelo operativo y estructura organizativa utilizada para el modelo formalizado.

En el modelo formalizado, la estructura organizativa está compuesta comúnmente por la gerencia de marketing, gerencia de recursos humanos y finanzas, gerencia técnica y gobernanza del punto.

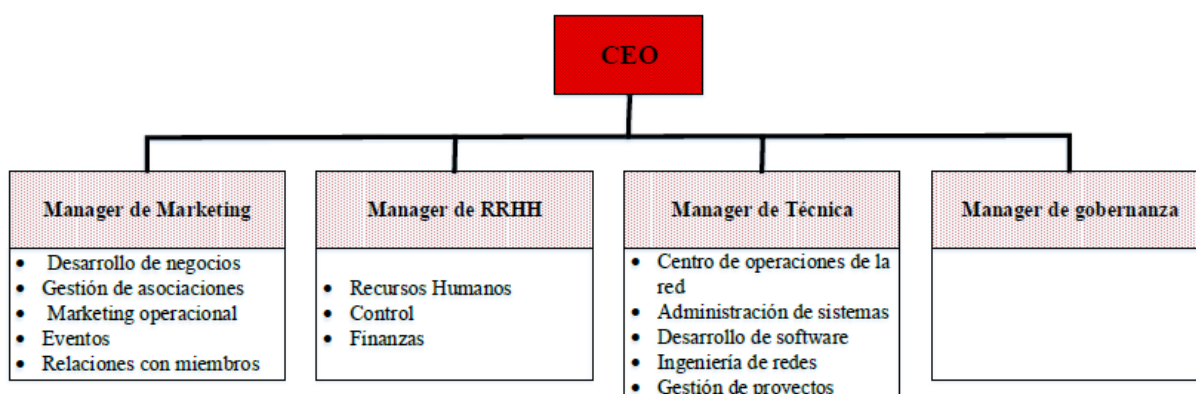
La gerencia de marketing tiene competencia múltiples frentes, estos se podrían resumir en el desarrollo de negocios, relaciones con socios y participantes, marketing operacional, administración de eventos.

La gerencia de recursos humanos tiene competencia en la administración de los recursos humanos y su control, en algunos casos puede estar ligado a la administración de las finanzas.

La gerencia técnica tiene competencia en todos los aspectos técnicos, operacionales, administración de sistemas, ingeniería de redes y gestión de proyectos técnicos.

La gobernanza del IXP puede estar representada por un área definida, como así también puede estar representada por el CEO y los representantes de las otras áreas. Principalmente esta área define la orientación institucional del IXP. Un claro ejemplo de este modelo es el visto en el **gráfico 6.2** que muestra el caso de AMS-IX.

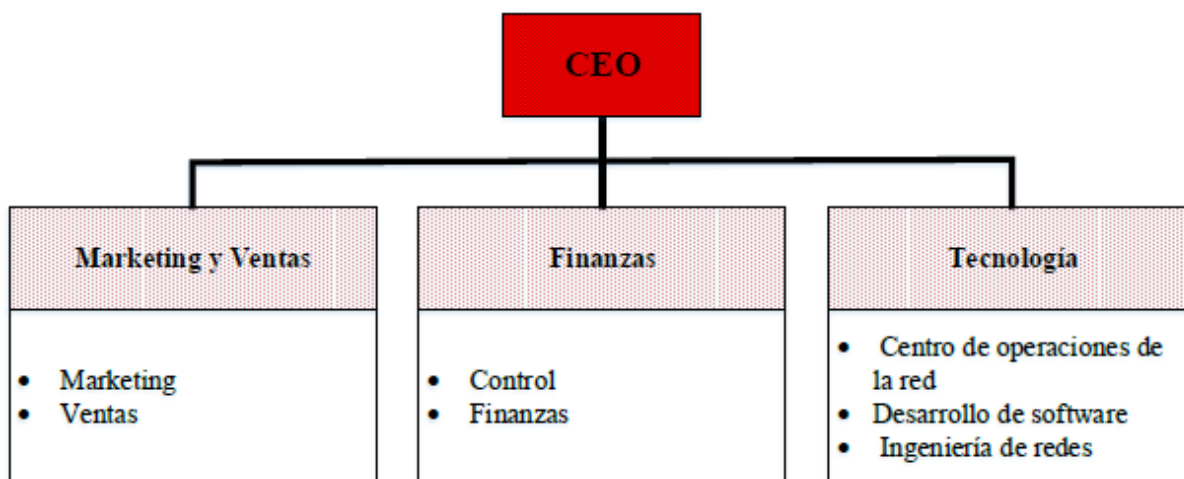
Gráfico 6.2 – Modelo Organizativo AMS-IX



CAPITULO 6: Tendencias internacionales en el desarrollo IXP

Alemania tiene un modelo formalizado de IXP desde el punto de vista funcional. Este mantiene una plantilla de empleados a tiempo completo, procesos de gestión formales, organización funcional y una gerencia reportando a un consejo de dirección. Esto se puede ver en el **gráfico 6.3**.

Gráfico 6.3 – Modelo formalizado alemán



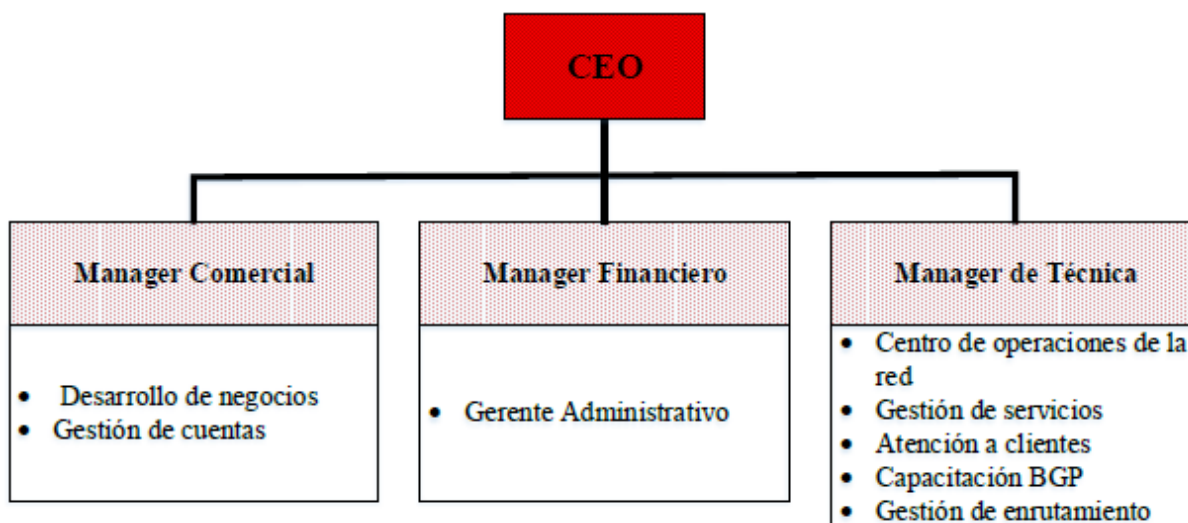
6.1.3. Modelo privado

Este modelo es una organización con fines de lucro, donde todos los participantes ingresan estableciendo un contrato de servicios. La dirección del modelo privatizado se reporta dentro de una unidad de negocio de una empresa, generalmente operadores de telecomunicaciones o proveedores de servicios de data center.

Este modelo privado puede nacer desde el inicio o emerger de la adquisición por parte de un proveedor de un IXP sin fines de lucro. Los IXP neutrales tienden a capturar una base más importante de tráfico y por lo tanto apalancar su crecimiento a una escala importante. En el caso de los IXP privados, no garantizan la neutralidad del punto y esto puede traer como consecuencia una pérdida de posibles clientes, esto se debe a que los clientes están preocupados por prácticas anticompetitivas.

6.1.3.1. Modelo operativo y estructura organizativa para el modelo privado

Si bien existen diferencias entre el modelo formalizado y el modelo privatizado desde el punto de vista de los fines con los cuales funcionan, a nivel de estructura organizativa son muy similares. El modelo privatizado alberga las mismas áreas funcionales que las del modelo formalizado, estas son gerencia de marketing, gerencia técnica y gerencia de recursos humanos y finanzas. El **gráfico 6.4** muestra la estructura del IXP privado de Holanda DE-CIX.

Gráfico 6.4 – Modelo organizativo DE-CIX

Las empresas privadas tienden a ser subsidiarias de proveedores de telecomunicaciones o empresas proveedoras de data center, gestionadas para preservar un modelo neutral. La organización a nivel operativo también se mantiene separada de los proveedores para mantener cierta neutralidad y también mantiene un esquema similar al del modelo formalizado.

6.1.4. Mejores prácticas recomendadas por el CAF

Un estudio realizado por el CAF lanzo las siguientes mejores prácticas de acuerdo a las tendencias organizativas y modelos operativos de IXP a nivel internacional:

- Modelo operativo funcional es el que prevalece entre entidades formalizadas sin fines de lucro y las privadas.
- Los parámetros de recursos humanos pueden ser estandarizados alrededor de 1 FTE por cada 15 miembros, o bien 1 FTE⁷⁰ por cada 22 conexiones.
- Los recursos humanos pueden ser voluntarios en la etapa de lanzamiento, pero deben ser contratados en la etapa de formalización
- Existen dos puntos de inflexión en la evolución del IXP y son:
 - El lanzamiento de un segundo sitio aumentara la complejidad de la gestión de los dos puntos.
 - Y la transición a del modelo de lanzamiento a un modelo formalizado, lleva a la creación de posiciones en ventas, soporte técnico, administración, marketing y recursos humanos.⁷¹

6.2. Marcos regulatorios y políticas públicas con impacto en el sector

Inicialmente las universidades eran las impulsoras para la creación de un IXP y su operación también estaba a cargo de la entidad académica. En ese entonces los gobiernos tomaban una postura en la cual restringían el acceso del sector privado a la industria del

⁷⁰ FTE – Full-Time Equivalent – Equivalente a Tiempo Completo.

⁷¹ (Expansion de infraestructura regional para la interconexion de trafico en america latina , 2014)

CAPITULO 6: Tendencias internacionales en el desarrollo IXP

IXP. Con el paso del tiempo estas restricciones gradualmente fueron desapareciendo, con esto el gobierno adquirió una posición neutral con respecto a esta industria. Pero si bien en la mayoría de los casos los gobiernos son neutrales, existen políticas públicas en otras áreas que tienen impacto en el sector de la industria del IXP. Por lo tanto, los gobiernos infieren de forma general e indirecta en la industria. Un estudio realizado por el CAF muestra las políticas públicas con inferencia en la creación y funcionamiento de un IXP, esto se puede ver en la **tabla 6.1**.

Tabla 6.1 – Políticas públicas con impacto para los IXP

Categoría de políticas públicas	Ejemplos
Estimulos fiscales	* Relajamiento de las reglas de amortización de activos fijos (práctica que afecta a todos los sectores de capital intensivo) * Reducción en tasas impositivas (como mecanismo contra-cíclico)
Inversion Pública	* Inversion de gobiernos locales (municipalidades, provincias) para promover el desarrollo tecnológico. * Inversion del gobierno nacional para promover el desarrollo de la competencia en el sector
Control de prácticas anti-competitivas	* Imposición a operadores incumbentes de telecomunicaciones a interconectarse con IXP * Obligacion de contar con puntos de interconexion neutros * Control de operadores incumbentes en caso de que éstos no provean a IXP con suficiente capacidad de tránsito.
Amenaza a la seguridad nacional y respuesta a desastres naturales	* El gobierno interviene para asegurarse que los IXP pueden continuar operando en caso de desastres naturales * Tambien existe cierta preocupación de la dependencia de infraestructura fuera internacional.

Si bien todas las categorías mencionadas en la **tabla 6.1** tienen inferencia en el sector de los IXP, esto varia de país en país y puede que alguna de ellas no esté presente en algunos países.

6.2.1. Estímulos fiscales

En muchos países, los IXP son tratados como organizaciones sin fines de lucro, esto les permitirá tener beneficios desde el punto de vista fiscal. Sin embargo, se han aplicado otros beneficios, tales como el relajamiento de las reglas de amortización de activos fijos, que es una práctica que impacta positivamente a todos los sectores de capital intensivo; dependiendo del tipo de IXP de que se trate, los costos operativos (OPEX⁷²) varían de 20 a 100% del capital invertido (CAPEX⁷³), por lo que este estímulo puede tener efectos importantes en la estructura de costos.

⁷² OPEX – Operating Expense – Gastos Operacionales

⁷³ CAPEX – CAPital Expenditures – Inversiones en Bienes Captales.

Asimismo, en algunos países se aplican reducciones en las tasas impositivas, muchas veces como mecanismo contra cíclico.

6.2.2. Inversión pública

Con el objetivo de promover el desarrollo tecnológico, los gobiernos locales (municipalidades, provincias y estados) pueden considerar invertir en el sector de los IXP. Esta es una de las principales alternativas a nivel mundial para disminuir la brecha digital entre las diferentes ciudades y poder potenciar también las velocidades de navegación. Esto le permitirá hacer frente a los avances de la tecnología de primer mundo.

También se en algunos países se ha invertido en el sector de los IXP para promover la competencia con los ISP. La existencia de puntos de intercambio permite a los proveedores pequeños ofrecer sus servicios a un precio que pueda competir con el dado por los grandes proveedores. Esto se debe a que deberá pagar menos por el tránsito e interconexión a medida que aumentan los participantes⁷⁴.

6.2.3. Control de prácticas anticompetitivas

Si bien los gobiernos mantienen una posición de neutralidad con respecto al sector de los IXP, en algunos casos el Estado intervino para obligar a algunos proveedores a establecer puntos de interconexión y a los IXP a mantener políticas de interconexión abierta, neutra y libre para el que desee conectarse.

Una práctica anticompetitiva vista en algunos países es la negativa para participar del IXP, frecuentemente esto se da para los proveedores grandes (T1) o en caso de proveer transporte al IXP imponen reglas que perjudican la existencia del punto. La participación de un proveedor grande en el IXP es de gran importancia ya que su gran volumen de clientes y tráfico generado impulsara el punto a un intercambio más eficiente y una reducción considerable del tráfico internacional. Pero desde el punto de vista del proveedor grande esto permitirá a proveedores más pequeños poder ofrecer sus servicios a un nivel competitivo, llevando esto a la pérdida de clientes para el gran proveedor. Esto lleva a que el proveedor elija no participar del punto o mantenga su red cerrada para cualquier interconexión. Es aquí donde interviene el estado imponiendo a los operadores dominantes de telecomunicaciones la interconexión o la participación del IXP. Otro punto de interés para el estado es que, si existen proveedores con puntos de interconexión propios, estos deben ser neutros. Como tercer punto de interés es que el proveedor de tránsito que preste servicio al IXP no debe imponer limitaciones para el buen funcionamiento del IXP.

En algunos países, los ISP han cuestionado la libertad que tienen los IXP para operar revendiendo servicios de tránsito sin la carga impositiva de ser proveedor de servicios. Ante esta situación hay países como Kenia y Holanda imponen a los IXP a registrarse y obtener una licencia para poder operar.⁷⁵

⁷⁴ (Expansion de infraestructura regional para la interconexion de trafico en america latina , 2014)

⁷⁵ (Expansion de infraestructura regional para la interconexion de trafico en america latina , 2014)

6.2.4. Respuesta a desastres naturales y amenaza a la seguridad nacional

En caso de desastres naturales, los gobiernos intervienen para mantener operativos los IXP, un caso donde se produjo esto fue en Japón. También existe cierta preocupación generalizada de la dependencia de infraestructura internacional fuera de su soberanía, este es el caso de Israel. Chile luego del terremoto de 2010, realizó un análisis para la construcción de IXP fuera de Santiago, esto se concretó con la fundación de IXP Chile en Concepción⁷⁶.

Desde el punto de vista estrictamente regulatorio, el gobierno japonés siempre ha requerido a todos los IXP que informen sobre cualquier interrupción de servicio. Sin embargo, como consecuencia del terremoto y tsunami de 2011, el gobierno comenzó a actuar con mayor fuerza; ese año, el Ministerio de Comunicaciones preparo un informe con el título Mantenimiento de capacidades de comunicaciones en caso de desastres naturales y otras situaciones de emergencia. El documento recomienda una serie de prácticas a seguir en la construcción de IXP para que estos puedan continuar operando en estas situaciones. Entre las más importantes, se recomienda incluir todo el equipamiento usado por los ISP para proveer servicios de internet dentro de las normas de redundancia y seguridad de los equipos de telecomunicaciones de voz, reforzar la resistencia sísmica de los edificios que alojan infraestructura de interconexión, expandir el despliegue geográfico de centros de interconexión para garantizar la redundancia y promover la cooperación en infraestructura sobre el despliegue de rutas y puntos de intercambio para facilitar la repuesta a emergencias naturales⁷⁷.

⁷⁶ <http://www.pitchile.cl/wp/opciones-inicia-su-conexion-en-pitixp-concepcion/>

⁷⁷ (CAF , 2014)

7. El tráfico de internet en Argentina

Para entender la situación actual del tráfico en Argentina, es necesario realizar una estimación del tráfico total cursado en cada una de las provincias. Para ello se adoptó el modelo de tráfico utilizado por el CAF y adaptarlo a la situación de Argentina para luego hacer una proyección del tráfico hasta el año 2018. Dicho modelo permitirá conocer la situación actual del tráfico en cada provincia para luego poder determinar cuánto es tráfico local, internacional e internacional alojado en servidores espejo. Es indispensable contar con esta información para poder hacer un análisis de cuál sería el impacto de desplegar un nuevo punto de interconexión en la región.

7.1. Estimación del tráfico total cursado en Argentina

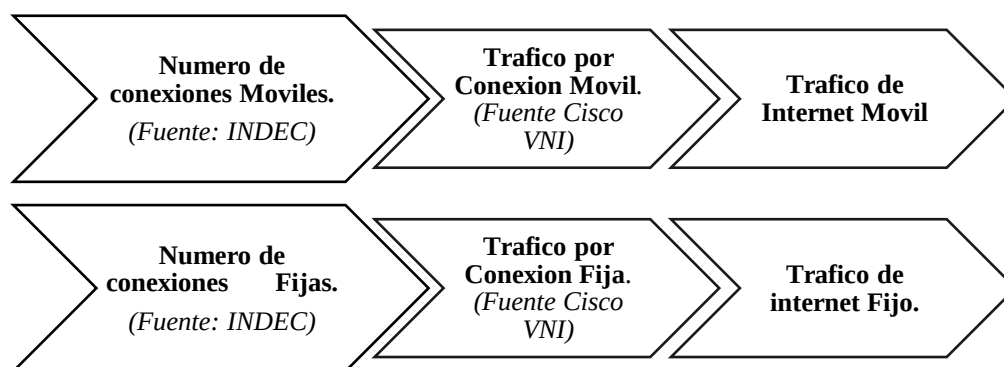
La metodología empleada para la estimación del tráfico consiste en hacer un análisis de abajo hacia arriba (*Bottom Up*). El cual indica como punto de partida tomar el número de dispositivos por medio del cual se puede acceder a internet, así como también la cantidad de tráfico que cada uno de ellos genera.

Antes de empezar es necesario definir términos, los cuales serán necesarios para unificar criterios y facilitar la comprensión de lo que se tratara posteriormente. Acceso se denomina a la conectividad a internet a través de un ISP. Los accesos residenciales corresponden a los que están destinados para un uso hogareño o particular, lo cual difiere de un acceso organizacional el cual su uso está destinado a empresas (públicas o privadas), organismos de gobierno, profesionales en el ejercicio de su actividad, organizaciones no gubernamentales, escuelas y universidades⁷⁸.

Debido a la naturaleza de donde proviene el tráfico es necesario separar además de en residencial y organizacional, en conexiones fijas y conexiones móviles ya que el tráfico que se manejara por cada una de ellas es diferente. El **gráfico 7.1** indica esquemáticamente la metodología a utilizar para estimar el tráfico, así como también la fuente de la cual fueron obtenidos los datos utilizados.

Gráfico 7.1 – Tráfico total internet residencial y en organizaciones

Gráfico 7.1: Tráfico Total Internet Residencial y en Organizaciones

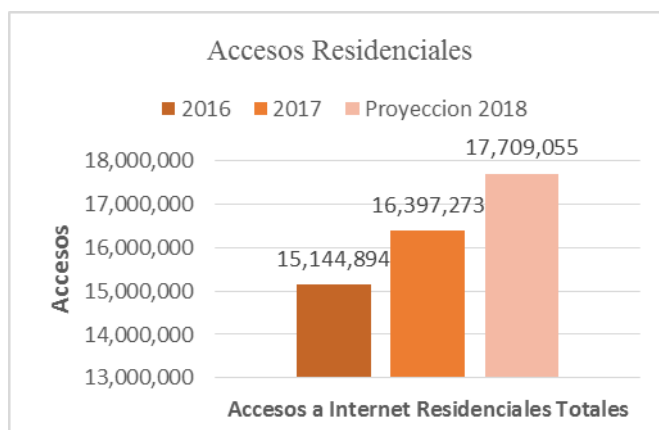


⁷⁸ Indec - 2017

7.1.1. Tráfico total de internet residencial

De acuerdo con datos del INDEC, los accesos residenciales totales a internet en 2016 alcanzan los 15,144,894, lo cual se ve aumentado en un 8,3% (16,397,273 Accesos) a mediados de 2017 y se estima que para 2018 este número de accesos se incrementen en un 8% llegando así a los 17,709,055. El **gráfico 7.2** muestra el crecimiento de los accesos residenciales en los últimos tres años.

Gráfico 7.2 – Total de Accesos Residenciales.



Esto representa el total de conexiones residenciales a través de un ISP del país. Para un análisis más profundo es necesario desglosar esta totalidad en sus componentes, lo cual se representa en la **Tabla 7.1** mostrando la cantidad de accesos por provincia.

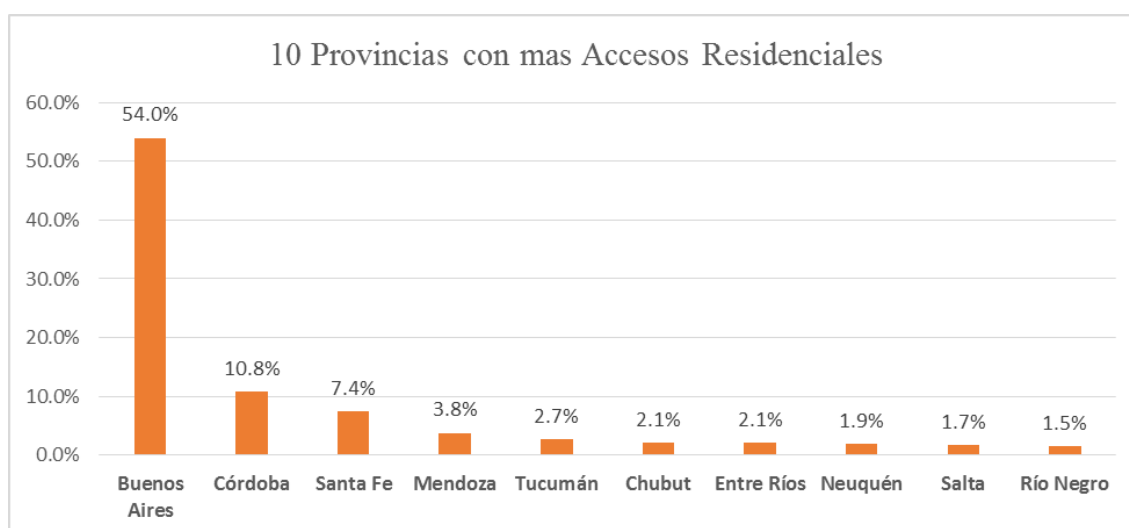
Se puede apreciar la tendencia, de que el mayor número de accesos están en el centro del país, esto se debe a que en esa parte hay un mayor despliegue de infraestructura tanto de acceso como de transporte.

Tabla 7.1 – Accesos Residenciales por provincia.

Provincias	2016	2017	Estimacion 2018
Todo el País	15,144,894	16,397,273	17,709,055
Buenos Aires	8,178,243	8,854,527	9,562,890
Catamarca	90,869	98,384	106,254
Chaco	151,449	163,973	177,091
Chubut	318,043	344,343	371,890
Córdoba	1,635,649	1,770,905	1,912,578
Corrientes	196,884	213,165	230,218
Entre Ríos	318,043	344,343	371,890
Formosa	60,580	65,589	70,836
Jujuy	166,594	180,370	194,800
La Pampa	166,594	180,370	194,800
La Rioja	121,159	131,178	141,672
Mendoza	575,506	623,096	672,944
Misiones	166,594	180,370	194,800
Neuquén	287,753	311,548	336,472
Río Negro	227,173	245,959	265,636
Salta	257,463	278,754	301,054
San Juan	166,594	180,370	194,800
San Luis	136,304	147,575	159,381
Santa Cruz	90,869	98,384	106,254
Santa Fe	1,120,722	1,213,398	1,310,470
Santiago del Estero	121,159	131,178	141,672
Tierra del Fuego	121,159	131,178	141,672
Tucumán	408,912	442,726	478,144

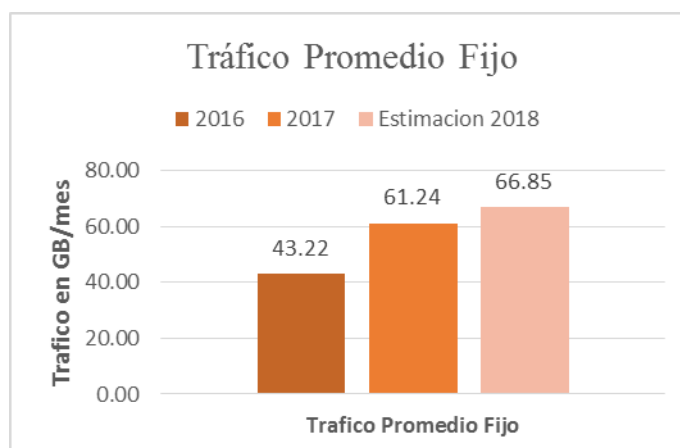
Buenos Aires supera ampliamente al resto de las provincias, viendo que representa aproximadamente 54 % de los accesos residenciales de todo el país. Siguiendo el mismo análisis Córdoba y Santa Fe representan el 10,8 % y 7,4% respectivamente (Ver el gráfico 7.3).

Gráfico 7.3 – Las 10 Provincias con más Accesos Residenciales.



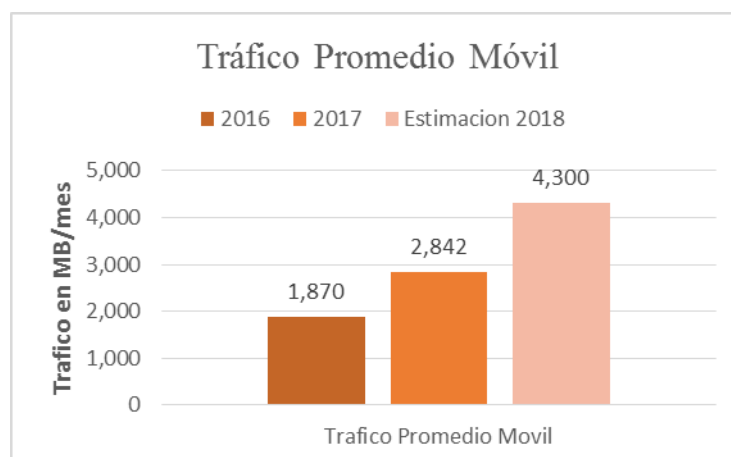
CAPITULO 7: El tráfico de internet en Argentina

El tráfico promedio por conexión se refiere a lo que el usuario de un dispositivo ya sea fijo o móvil, consume en un mes. Para 2016 los usuarios con conexiones fijas consumían 43,22 GB/mes lo cual se fue incrementado en el transcurso del tiempo y para el año 2017 este consumo promedio aumento en un 41,7% llegando así a los 61,23 GB/mes. Para 2018 se estima que el consumo se incrementara un 9,1% del año anterior, con lo cual el tráfico promedio por acceso fijo rondara los 66,8 GB/mes. Esto se refleja en el **gráfico 7.4**.

Gráfico 7.4 – Trafico Promedio Fijo.

El tráfico fijo está mayoritariamente compuesto por aplicaciones de video (streaming, televisión, video comunicaciones) y de transferencia y compartición de archivos.

El tráfico promedio móvil, en 2016 un usuario promedio de un dispositivo móvil consumía alrededor de 1870 MB/mes lo cual se incrementó a 2842 MB/mes para 2017, lo cual representa un 51,9% de lo que se consumía en el año anterior. Para 2018 se estima que las conexiones móviles se incrementaran un 51,3% llegando así a un consumo promedio de 4300, se asume así ya que con el aumento de la popularidad de las conexiones móviles de alta velocidad de cuarta generación (LTE). Esto se refleja en el **gráfico 7.5**.

Gráfico 7.5 – Trafico Promedio Móvil

CAPITULO 7: El tráfico de internet en Argentina**7.1.1.1. El trafico residencial fijo**

El tráfico residencial fijo se denomina a todo el tráfico generado desde un dispositivo que utilice este medio como conexión a internet. Esto es lo que representa la **tabla 7.2**. En la cual se tienen en cuenta la cantidad de accesos totales fijos para estimar el tráfico producido por estos. También se da a conocer cuál es el tráfico producido por cada provincia.

Tabla 7.2 – Estimación de Trafico Fijo por provincia.

Provincias	2015		2016		Estimacion 2018	
	Accesos Fijos	Trafico Fijo	Accesos Fijos	Trafico Fijo	Accesos Fijos	Trafico Fijo
Todo el Pais	6,073,102	250.32	6,345,745	370.61	6,658,605	424.51
Buenos Aires	3,279,475	135.17	3,426,702	200.13	3,595,647	229.23
Córdoba	655,895	27.03	685,340	40.03	719,129	45.85
Santa Fe	449,410	18.52	469,585	27.43	492,737	31.41
Mendoza	230,778	9.51	241,138	14.08	253,027	16.13
Tucumán	163,974	6.76	171,335	10.01	179,782	11.46
Chubut	127,535	5.26	133,261	7.78	139,831	8.91
Entre Ríos	127,535	5.26	133,261	7.78	139,831	8.91
Neuquén	115,389	4.76	120,569	7.04	126,513	8.07
Salta	103,243	4.26	107,878	6.30	113,196	7.22
Río Negro	91,097	3.75	95,186	5.56	99,879	6.37
Corrientes	78,950	3.25	82,495	4.82	86,562	5.52
Jujuy	66,804	2.75	69,803	4.08	73,245	4.67
La Pampa	66,804	2.75	69,803	4.08	73,245	4.67
Misiones	66,804	2.75	69,803	4.08	73,245	4.67
San Juan	66,804	2.75	69,803	4.08	73,245	4.67
Chaco	60,731	2.50	63,457	3.71	66,586	4.25
San Luis	54,658	2.25	57,112	3.34	59,927	3.82
La Rioja	48,585	2.00	50,766	2.96	53,269	3.40
Santiago del Estero	48,585	2.00	50,766	2.96	53,269	3.40
Tierra del Fuego	48,585	2.00	50,766	2.96	53,269	3.40
Catamarca	36,439	1.50	38,074	2.22	39,952	2.55
Santa Cruz	36,439	1.50	38,074	2.22	39,952	2.55
Formosa	24,292	1.00	25,383	1.48	26,634	1.70

El tráfico es un parámetro que constantemente está sufriendo cambios, esto se debe principalmente a dos factores, la evolución de la tecnología y la forma en la que los usuarios explotan las nuevas velocidades. La evolución tecnológica se presenta tanto en el equipamiento utilizado para la comunicación, así como también en los métodos de construcción de los medios físicos por el cual se tiene acceso hasta los usuarios, esto tiene como consecuencia aumento en las velocidades de navegación. Estas nuevas y mayores velocidades a su vez permiten que los usuarios puedan acceder a nuevos contenidos y aplicaciones, lo cual cambia la forma en que se hacen uso de internet.

El tráfico en el periodo 2016 a 2017 tuvo un crecimiento del 48%, esto fue posible a la aparición de nuevas tecnologías que permitieron elevar la velocidad de navegación, así como también la forma en la que se hacen uso de estos recursos por

CAPITULO 7: El tráfico de internet en Argentina

parte de los usuarios. La ganancia de popularidad de los servicios de video bajo demanda es un claro ejemplo de cómo el usuario explota al máximo las nuevas velocidades que las nuevas tecnologías le permiten alcanzar. Este crecimiento tiene que ser soportado por las redes de transporte existentes con lo cual no es un tema que ignorar. Se estima que para 2018 el crecimiento será de un 14,5%.

7.1.1.2. El tráfico residencial móvil

El tráfico residencial móvil se denomina a todo el tráfico generado desde un dispositivo que utilice un medio de conexión los servicios de banda ancha inalámbrica móvil (GSM, WAP, GPRS, HSDPA, LTE, etc.) para acceder a internet. Esto es lo que representa la **tabla 7.3** En la cual se tienen en cuenta la cantidad de accesos totales móviles para estimar el tráfico producido por estos, también se da a conocer cuál es el tráfico producido por cada provincia.

Tabla 7.3 – Estimación de Tráfico Móvil.

Provincias	2016		2017		Estimacion 2018	
	Accesos Moviles	Trafico Movil	Accesos Moviles	Trafico Movil	Accesos Moviles	Trafico Movil
Todo el Pais	9,071,792	15.80	10,051,528	26.60	11,050,450	44.25
Buenos Aires	4,898,767	8.53	5,427,825	14.37	5,967,243	23.90
Córdoba	979,753	1.71	1,085,565	2.87	1,193,449	4.78
Santa Fe	671,313	1.17	743,813	1.97	817,733	3.27
Mendoza	344,728	0.60	381,958	1.01	419,917	1.68
Tucumán	244,938	0.43	271,391	0.72	298,362	1.19
Chubut	190,508	0.33	211,082	0.56	232,059	0.93
Entre Ríos	190,508	0.33	211,082	0.56	232,059	0.93
Neuquén	172,364	0.30	190,979	0.51	209,959	0.84
Salta	154,220	0.27	170,876	0.45	187,858	0.75
Río Negro	136,077	0.24	150,773	0.40	165,757	0.66
Corrientes	117,933	0.21	130,670	0.35	143,656	0.58
Jujuy	99,790	0.17	110,567	0.29	121,555	0.49
La Pampa	99,790	0.17	110,567	0.29	121,555	0.49
Misiones	99,790	0.17	110,567	0.29	121,555	0.49
San Juan	99,790	0.17	110,567	0.29	121,555	0.49
Chaco	90,718	0.16	100,515	0.27	110,505	0.44
San Luis	81,646	0.14	90,464	0.24	99,454	0.40
La Rioja	72,574	0.13	80,412	0.21	88,404	0.35
Santiago del Estero	72,574	0.13	80,412	0.21	88,404	0.35
Tierra del Fuego	72,574	0.13	80,412	0.21	88,404	0.35
Catamarca	54,431	0.09	60,309	0.16	66,303	0.27
Santa Cruz	54,431	0.09	60,309	0.16	66,303	0.27
Formosa	36,287	0.06	40,206	0.11	44,202	0.18

El crecimiento del tráfico móvil de 2016 a 2017 es del 68% y se estima que para 2018 esto se incrementara en un 66% con respecto al año anterior, pero a pesar de este gran crecimiento el tráfico de las comunicaciones móviles tan solo representa un 7% del tráfico total residencial. Esto se debe a que las velocidades de navegación son menores a las que proporcionan las redes de acceso fijas.

7.1.2. Tráfico total de internet en organizaciones

De acuerdo a datos del INDEC, los accesos totales de organizaciones a internet en 2016 alcanzan los 2,931,642, lo cual se ve aumentado en un 0,71 % (2,952,510 Accesos) a mediados de 2017 y se estima que para 2018 este número de accesos se incrementen en un 1,2% llegando así a los 2,987,940. Como muestra el **gráfico 7.6**.

Gráfico 7.6 – Accesos en Organizaciones



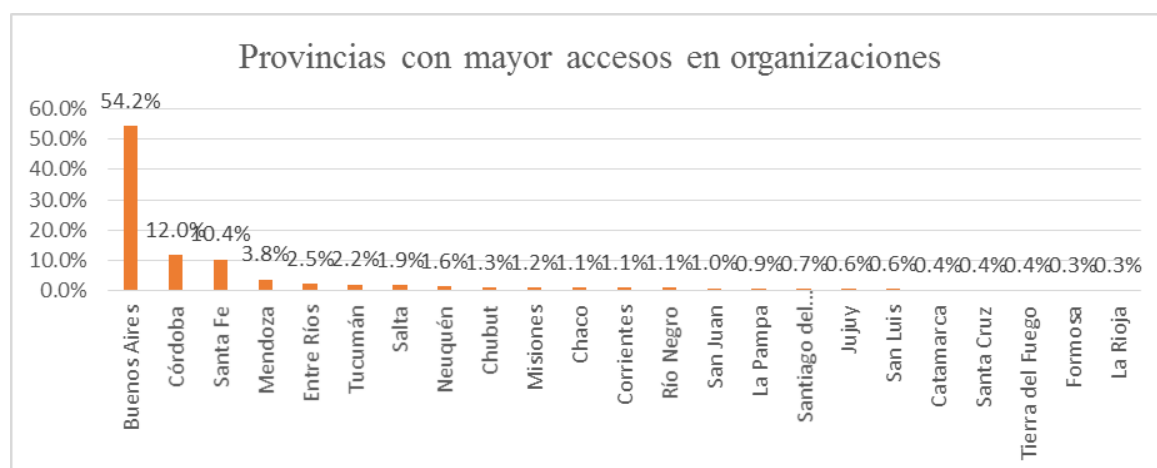
De igual manera que para los accesos residenciales, y consecuencia del mayor despliegue de infraestructura que presenta el centro del país, se puede apreciar que la mayor parte de las conexiones están allí (**ver Tabla 7.4**).

Tabla 7.4 – Accesos Organizacionales

Provincias	2016	2017	Estimacion 2018
Todo el País	2,931,642	2,952,510	2,987,940
Buenos Aires	1,588,950	1,600,260	1,619,463
Córdoba	351,797	354,301	358,553
Santa Fe	304,891	307,061	310,746
Mendoza	111,402	112,195	113,542
Entre Ríos	73,291	73,813	74,699
Tucumán	64,496	64,955	65,735
Salta	55,701	56,098	56,771
Neuquén	46,906	47,240	47,807
Chubut	38,111	38,383	38,843
Misiones	35,180	35,430	35,855
Chaco	32,248	32,478	32,867
Corrientes	32,248	32,478	32,867
Río Negro	32,248	32,478	32,867
San Juan	29,316	29,525	29,879
La Pampa	26,385	26,573	26,891
Santiago del Estero	20,521	20,668	20,916
Jujuy	17,590	17,715	17,928
San Luis	17,590	17,715	17,928
Catamarca	11,727	11,810	11,952
Santa Cruz	11,727	11,810	11,952
Tierra del Fuego	11,727	11,810	11,952
Formosa	8,795	8,858	8,964
La Rioja	8,795	8,858	8,964

Buenos Aires representa el 54,2% de todos los accesos organizacionales entre fijos y móviles. De este mismo modo Córdoba y Santa Fe representan el 12% y el 10,4% respectivamente (**ver gráfico 7.7**).

Gráfico 7.7 – Las 10 provincias con más accesos organizacionales.



CAPITULO 7: El tráfico de internet en Argentina**7.1.2.1. El tráfico fijo en organizaciones**

El tráfico generado en organizaciones mediante accesos fijos a pesar de tener un crecimiento considerable, de 2016 a 2017 del 45% y se estima que de 2017 a 2018 se incremente en 12,9%, esto a niveles totales no es un valor de gran peso a comparación del tráfico generado de manera residencial fija. El tráfico fijo organizacional solo representa un 8% del tráfico residencial fijo. El tráfico fijo organizacional se representa en la **Tabla 7.5**.

Tabla 7.5 – Trafico Organizacional Fijo

Provincias	2016		2017		Estimacion 2018	
	Accesos Fijos	Trafico Fijo	Accesos Fijos	Trafico Fijo	Accesos Fijos	Trafico Fijo
Todo el Pais	524,764	21.630	537,357	31.38	555,757	35.43
Buenos Aires	284,422	11.723	291,247	17.01	301,220	19.20
Córdoba	62,972	2.596	64,483	3.77	66,691	4.25
Santa Fe	54,575	2.249	55,885	3.26	57,799	3.68
Mendoza	19,941	0.822	20,420	1.19	21,119	1.35
Entre Ríos	13,119	0.541	13,434	0.78	13,894	0.89
Tucumán	11,545	0.476	11,822	0.69	12,227	0.78
Salta	9,971	0.411	10,210	0.60	10,559	0.67
Neuquén	8,396	0.346	8,598	0.50	8,892	0.57
Chubut	6,822	0.281	6,986	0.41	7,225	0.46
Misiones	6,297	0.260	6,448	0.38	6,669	0.43
Chaco	5,772	0.238	5,911	0.35	6,113	0.39
Corrientes	5,772	0.238	5,911	0.35	6,113	0.39
Río Negro	5,772	0.238	5,911	0.35	6,113	0.39
San Juan	5,248	0.216	5,374	0.31	5,558	0.35
La Pampa	4,723	0.195	4,836	0.28	5,002	0.32
Santiago del Estero	3,673	0.151	3,761	0.22	3,890	0.25
Jujuy	3,149	0.130	3,224	0.19	3,335	0.21
San Luis	3,149	0.130	3,224	0.19	3,335	0.21
Catamarca	2,099	0.087	2,149	0.13	2,223	0.14
Santa Cruz	2,099	0.087	2,149	0.13	2,223	0.14
Tierra del Fuego	2,099	0.087	2,149	0.13	2,223	0.14
Formosa	1,574	0.065	1,612	0.09	1,667	0.11
La Rioja	1,574	0.065	1,612	0.09	1,667	0.11

7.1.2.2. El tráfico móvil en organizaciones

De igual manera que para el tráfico fijo en las organizaciones, el tráfico móvil en organizaciones solamente representa la cuarta parte de lo que representan las comunicaciones móviles de uso residencial. El tráfico móvil en las organizaciones en el periodo 2016 a 2017 tuvieron un crecimiento del 52.5 % y se estima que crecerán de 2017 a 2018 en un 52.4%, pero a pesar de ello representan un 24% del tráfico móvil residencial. La **Tabla 7.6** representa el tráfico total móvil y el tráfico móvil por jurisdicción.

CAPITULO 7: El tráfico de internet en Argentina**Tabla 7.6 – Trafico Móvil Organizacional**

Provincias	2016		2017		Estimacion 2018	
	Accesos Móviles	Trafico Movil	Accesos Móviles	Trafico Movil	Accesos Móviles	Trafico Movil
Todo el Pais	2,406,878	4.19	2,415,153	6.39	2,432,183	9.74
Buenos Aires	1,304,528	2.27	1,309,013	3.46	1,318,243	5.28
Córdoba	288,825	0.50	289,818	0.77	291,862	1.17
Santa Fe	250,315	0.44	251,176	0.66	252,947	1.01
Mendoza	91,461	0.16	91,776	0.24	92,423	0.37
Entre Ríos	60,172	0.10	60,379	0.16	60,805	0.24
Tucumán	52,951	0.09	53,133	0.14	53,508	0.21
Salta	45,731	0.08	45,888	0.12	46,211	0.19
Neuquén	38,510	0.07	38,642	0.10	38,915	0.16
Chubut	31,289	0.05	31,397	0.08	31,618	0.13
Misiones	28,883	0.05	28,982	0.08	29,186	0.12
Chaco	26,476	0.05	26,567	0.07	26,754	0.11
Corrientes	26,476	0.05	26,567	0.07	26,754	0.11
Río Negro	26,476	0.05	26,567	0.07	26,754	0.11
San Juan	24,069	0.04	24,152	0.06	24,322	0.10
La Pampa	21,662	0.04	21,736	0.06	21,890	0.09
Santiago del Estero	16,848	0.03	16,906	0.04	17,025	0.07
Jujuy	14,441	0.03	14,491	0.04	14,593	0.06
San Luis	14,441	0.03	14,491	0.04	14,593	0.06
Catamarca	9,628	0.02	9,661	0.03	9,729	0.04
Santa Cruz	9,628	0.02	9,661	0.03	9,729	0.04
Tierra del Fuego	9,628	0.02	9,661	0.03	9,729	0.04
Formosa	7,221	0.01	7,245	0.02	7,297	0.03
La Rioja	7,221	0.01	7,245	0.02	7,297	0.03

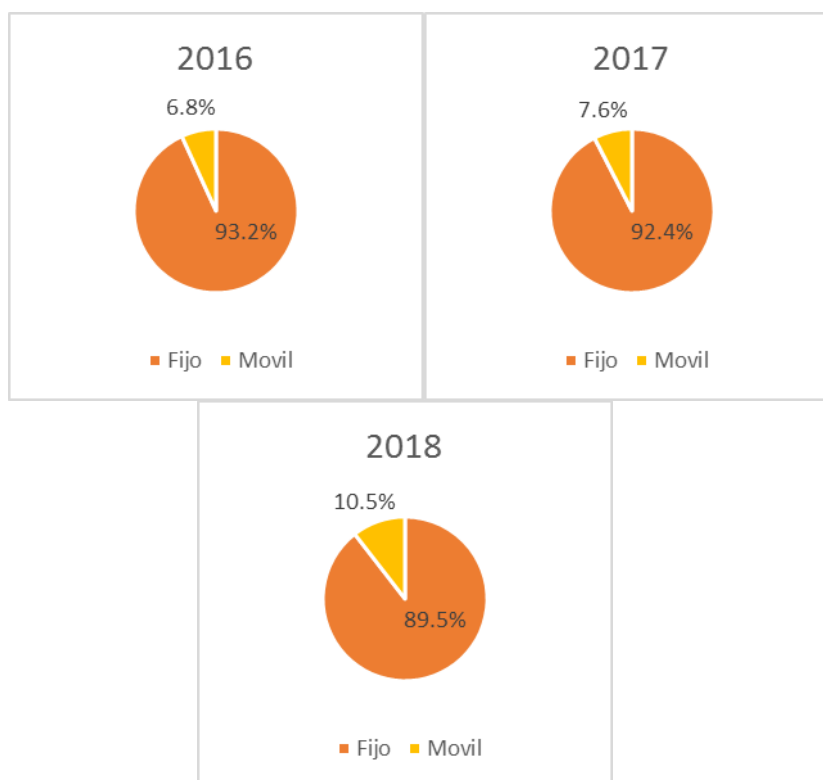
7.1.3. Tráfico total en Argentina

El tráfico total del país viene dado por la suma entre las diferentes componentes que venimos analizando y la contribución que estas hacen al tráfico total. Esto se ve representado en la **Tabla 7.7**, la cual representa tres columnas principales con referencia en a los años del análisis, cada columna tiene una subcolumna en donde T.F es el tráfico total fijo (tráfico fijo residencial más el tráfico fijo organizacional), T.M representa el tráfico total móvil (tráfico móvil residencial más el tráfico móvil organizacional) y por ultimo T.T es el tráfico total (T.F más T.M).

Tabla 7.7 – Tráfico Total.

Provincias	Tráfico [PB] - 2016			Tráfico [PB] - 2017			Tráfico [PB] - 2018		
	T.F	T.M	T.T	T.F	T.M	T.T	T.F	T.M	T.T
Todo el País	272	20	292	402	33	435	460	54	514
Buenos Aires	146.90	10.80	157.70	217.14	17.83	234.97	248.44	29.18	277.61
Córdoba	29.63	2.21	31.84	43.79	3.64	47.43	50.10	5.95	56.05
Santa Fe	20.77	1.61	22.38	30.69	2.63	33.32	35.10	4.29	39.39
Mendoza	10.33	0.76	11.09	15.28	1.25	16.53	17.48	2.05	19.53
Tucumán	7.23	0.52	7.75	10.70	0.86	11.56	12.24	1.41	13.65
Entre Ríos	5.80	0.44	6.23	8.57	0.72	9.29	9.80	1.17	10.97
Chubut	5.54	0.39	5.92	8.19	0.64	8.83	9.38	1.06	10.43
Neuquén	5.10	0.37	5.47	7.54	0.61	8.15	8.63	1.00	9.63
Salta	4.67	0.35	5.01	6.90	0.57	7.47	7.89	0.94	8.83
Rio Negro	3.99	0.28	4.28	5.90	0.47	6.37	6.76	0.77	7.53
Corrientes	3.49	0.25	3.74	5.16	0.42	5.58	5.91	0.68	6.59
Misiones	3.01	0.22	3.24	4.45	0.37	4.82	5.09	0.60	5.70
San Juan	2.97	0.22	3.19	4.39	0.36	4.75	5.02	0.58	5.61
La Pampa	2.95	0.21	3.16	4.36	0.35	4.71	4.99	0.57	5.56
Jujuy	2.88	0.20	3.08	4.27	0.33	4.60	4.88	0.55	5.43
Chaco	2.74	0.20	2.95	4.05	0.34	4.39	4.63	0.55	5.18
San Luis	2.38	0.17	2.55	3.52	0.28	3.80	4.03	0.46	4.49
Santiago del Estero	2.15	0.16	2.31	3.18	0.26	3.44	3.64	0.42	4.07
Tierra del Fuego	2.09	0.14	2.23	3.09	0.24	3.33	3.54	0.39	3.93
La Rioja	2.07	0.14	2.21	3.06	0.23	3.29	3.50	0.38	3.89
Catamarca	1.59	0.11	1.70	2.35	0.19	2.53	2.69	0.30	2.99
Santa Cruz	1.59	0.11	1.70	2.35	0.19	2.53	2.69	0.30	2.99
Formosa	1.07	0.08	1.14	1.58	0.13	1.70	1.80	0.21	2.01

Las comunicaciones móviles a pesar de estar ganando gran popularidad y que las velocidades de navegación se van incrementando gracias al despliegue de las redes de cuarta generación móvil, tan solo representan una fracción que no supera el 15% del total del tráfico estimado (**ver gráfico 7.8**).

Gráfico 7.8 – Trafico Fijo vs Trafico Móvil

7.1.4. Separación de tráfico local e internacional

El tráfico total generado en Argentina estará compuesto por contenido local y contenido internacional, el internacional a su vez está compuesto por el contenido que está alojado en servidores espejo (cache) y el resto es contenido que se adquiere por medio de enlaces internacionales.

De acuerdo a investigaciones realizadas por el CAF se presentan tres modelos de tráfico posible en lo que respecta a América Latina. En un extremo se encuentran México en el cual el 10 % del tráfico es local y tan solo el 5% del contenido internacional está alojado en cache, esto se lo puede explicar de acuerdo a que este país tiene tan solo un IXP y la mayor parte del mercado de internet esta acaparado por un solo ISP (TELMEX). En el otro extremo se encuentra Brasil, el cual tiene un tráfico local del 25%, el 20% se encuentra en cache y 55% es internacional, esto se explica de acuerdo a la gran cantidad de IXP que están en funcionamiento, y además el tráfico local tan elevado es consecuencia del idioma.

El resto de los países obedecen unas proporciones más equilibradas en donde el tráfico internacional representa entre el 60 a 65 % del total, el tráfico en cache es aproximadamente 30% y el tráfico local entre el 5 y 10%. Argentina es uno de los países que presentan este tipo de patrón⁷⁹.

Para estimar las proporciones de tráfico nacional e internacional, bajo la ausencia de construcción de nueva infraestructura local o regional de interconexión cambie los patrones de tráfico, basar el cambio en las proporciones de acuerdo a cuanto se estima que será la perspectiva de crecimiento de los contenidos locales y el volumen del

⁷⁹ (Expansion de infraestructura regional para la interconexion de trafico en america latina , 2014)

contenido internacional en cache que estará alojado en los centros de datos. La **Tabla 7.8** lo representa en porcentajes del tráfico total.

Tabla 7.8 – Separación de Trafico.

En Argentina	2016	2017	2018
Porcentaje de trafico de contenido internacional en cache local	35.0%	36.0%	38.0%
Porcentaje de trafico local	5.8%	6.1%	6.4%
Porcentaje de trafico saliente internacional	59.0%	57.0%	55.0%

Partiendo entonces de estas estimaciones realizadas por el CAF y del tráfico total de argentina, 2016 – 2017, así como la proyección hacia 2018, se obtienen proyecciones de tráfico internacional alojado en cache, trafico local y tráfico internacional sobre la totalidad del tráfico, como así también para cada una de las provincias. La **Tabla 7.9** refleja estas proyecciones de tráfico en petabytes.

Tabla 7.9 – Separación de tráfico

Provincias	2016			2017			2018		
	C (35%)	L (5,8%)	I (59%)	C (36%)	L (6,1%)	I (57%)	C (38%)	L (6,4%)	I (55%)
Todo el País	102.18	16.93	172.24	156.60	26.53	247.94	195.29	32.89	282.66
Buenos Aires	55.19	9.15	93.04	84.59	14.33	133.93	105.49	17.77	152.69
Córdoba	11.14	1.85	18.79	17.08	2.89	27.04	21.30	3.59	30.83
Santa Fe	7.83	1.30	13.20	12.00	2.03	18.99	14.97	2.52	21.66
Mendoza	3.88	0.64	6.55	5.95	1.01	9.42	7.42	1.25	10.74
Tucumán	2.71	0.45	4.57	4.16	0.70	6.59	5.19	0.87	7.51
Entre Ríos	2.18	0.36	3.68	3.34	0.57	5.29	4.17	0.70	6.04
Chubut	2.07	0.34	3.50	3.18	0.54	5.03	3.96	0.67	5.74
Neuquén	1.91	0.32	3.23	2.93	0.50	4.65	3.66	0.62	5.30
Salta	1.76	0.29	2.96	2.69	0.46	4.26	3.35	0.56	4.85
Río Negro	1.50	0.25	2.52	2.29	0.39	3.63	2.86	0.48	4.14
Corrientes	1.31	0.22	2.21	2.01	0.34	3.18	2.50	0.42	3.62
Misiones	1.13	0.19	1.91	1.74	0.29	2.75	2.17	0.36	3.13
San Juan	1.11	0.18	1.88	1.71	0.29	2.71	2.13	0.36	3.08
La Pampa	1.11	0.18	1.86	1.70	0.29	2.68	2.11	0.36	3.06
Jujuy	1.08	0.18	1.82	1.65	0.28	2.62	2.06	0.35	2.99
Chaco	1.03	0.17	1.74	1.58	0.27	2.50	1.97	0.33	2.85
San Luis	0.89	0.15	1.50	1.37	0.23	2.17	1.71	0.29	2.47
Santiago del Estero	0.81	0.13	1.36	1.24	0.21	1.96	1.55	0.26	2.24
Tierra del Fuego	0.78	0.13	1.32	1.20	0.20	1.90	1.49	0.25	2.16
La Rioja	0.77	0.13	1.30	1.18	0.20	1.88	1.48	0.25	2.14
Catamarca	0.60	0.10	1.00	0.91	0.15	1.44	1.14	0.19	1.65
Santa Cruz	0.60	0.10	1.00	0.91	0.15	1.44	1.14	0.19	1.65
Formosa	0.40	0.07	0.67	0.61	0.10	0.97	0.76	0.13	1.11

C: Contenido internacional en Cache local

L: Contenido Local

I: Contenido Internacional

7.2. Panorama del mercado de las telecomunicaciones en Argentina

En este apartado se vera la cuota de mercado que tienen cada una de las empresas de telecomunicaciones con presencia en Argentina. Para ello se tomó información publicada por el ENACOM⁸⁰. Se toman las empresas con mayor cuota de mercado tanto en proveedores de internet móvil como los proveedores de banda ancha fija.

7.2.1. Telefonía y banda ancha móvil

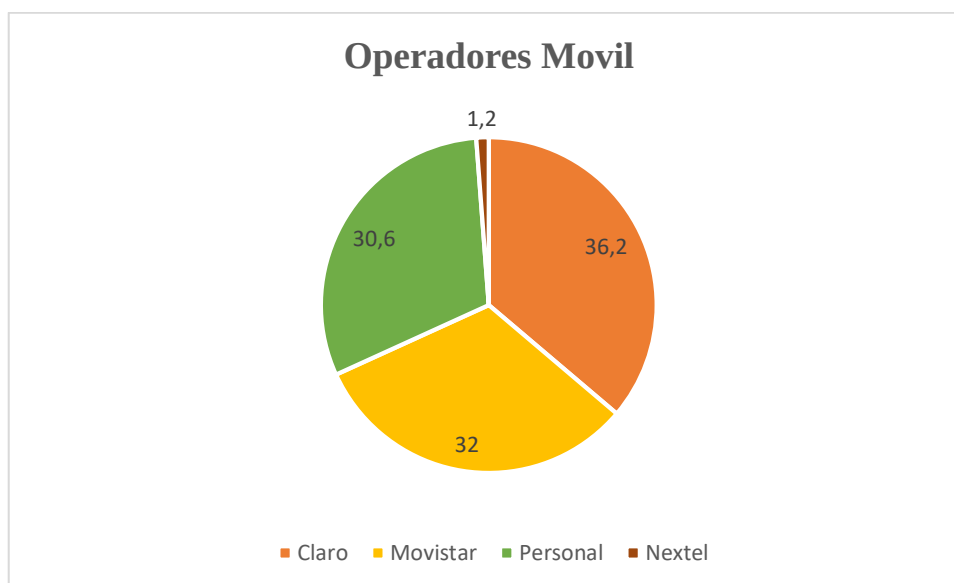
El mercado de la telefonía y la banda ancha móvil en la Argentina está compuesto por 4 empresas principales, estas están descriptas en la **tabla 7.10** en donde se ve además la tecnología de la que disponen y el espectro que utilizan.

⁸⁰ ENACOM – Ente Nacional de Comunicaciones

Tabla 7.10 – Proveedores de telefonía y banda ancha móvil en Argentina

Operador	Propietario	Servicios	Tecnología y e	Tope de espectro	Participacion
Claro	América Móvil	Telefonía y Banda ancha móvil	GSM 850MHz–1900MHz; UMTS/HSPA 850MHz–1900MHz; LTE 700 MHz 1700/2100 MHz	140 MHz por cada prestador para cada localidad o área de explotación	36,2
Movistar	Telefónica	Telefonía y Banda ancha móvil	GSM 850MHz–1900MHz; UMTS/HSPA 850MHz–1900MHz; LTE 700 MHz 1700/2100 MHz	140 MHz por cada prestador para cada localidad o área de explotación	32
Personal	Telecom	Telefonía y Banda ancha móvil	GSM 850MHz–1900MHz; UMTS/HSPA 850MHz–1900MHz; LTE 700 MHz 1700/2100 MHz	140 MHz por cada prestador para cada localidad o área de explotación	30,6
Nextel	Grupo Clarin	Telefonía y Banda ancha móvil	iDEN 800 MHz; Posee espectro en 900 MHz 2.500 MHz desarrollaría	140 MHz por cada prestador para cada localidad o área de explotación	1,2

Se puede ver aquí que la empresa con mayor cuota del mercado es Claro con un 36,2 %, lo sigue Movistar con un 32 % y en tercer lugar se encuentra Personal con un 30,6 %. Nextel únicamente cuenta con despliegue en la ciudad de Buenos Aires, y tan solo cuenta con un 1,2% de la cuota de mercado nacional. Esto puede verse en el **gráfico 7.9**.

Gráfico 7.9 – Cuota de mercado de Banda Ancha Móvil de Argentina.

7.2.1.1. Operadores Móviles Virtuales (MVNOs)

Es una compañía de telefonía móvil que no posee una concesión de espectro de frecuencia, y por tanto carece de una red propia de radio. Para dar servicio, debe recurrir a la cobertura de red de otra empresa con red propia (un Operador Móvil con Red, u OMR) con la(s) que debe suscribir un acuerdo⁸¹. En Argentina existen dos operadores móviles virtuales, que son Nuestro y Tuenti, esto se puede ver en la **tabla 7.11**.

Tabla 7.11 – Operadores Virtuales Móviles.

Operador	Propietario	Servicios	MNO	Líneas
Nuestro	Fecosur/ Fecotel	GSM / UTMS HSPA	Personal	30000
Tuenti	Telefónica	GSM / UTMS HSPA	Movistar	100000

La cuota de mercado de los operadores virtuales es muy baja, alrededor de 0.04% para Nuestro y el 0,15% para Tuenti.

7.2.2. Banda ancha fija

El mercado del internet fijo este compuesto principalmente por tres empresas, estas son Cablevisión con un 30,3% del mercado, Telefónica con un 25,7% y Telecom on un 24,1%. El 19,9% restante está compuesto por los pequeños ISP que tienen presencia en ciudades o provincias determinadas, se puede tomar como ejemplo de ellos CableExpress y Telecentro. Esto se puede apreciar en la **Tabla 7.12** y el **Gráfico 7.10**⁸².

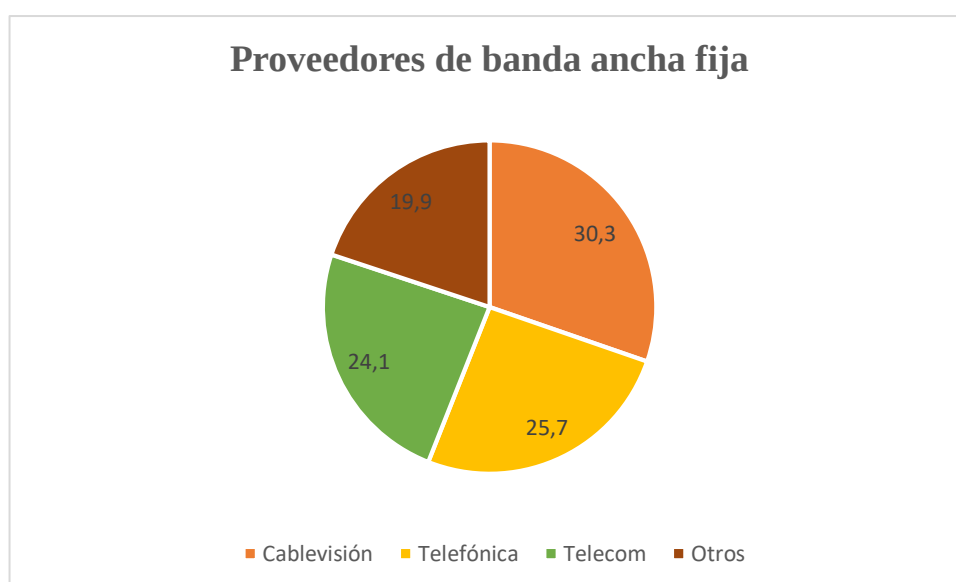
⁸¹ https://es.wikipedia.org/wiki/Operador_m%C3%B3vil_virtual

⁸² ENACOM

Tabla 7.12 – Proveedores de banda ancha fija

Operador	Propietario	Tecnología	Participación de mercado
Cablevisión	Grupo Clarin	HFC	30,3
Telefónica	Telefónica	xDSL	25,7
Telecom	Telecom	xDSL	24,1
Otros		HFC, FTTx, Wi-Fi, WiMAX, etc.	19,9

Gráfico 7.10 – Cuota de mercado de banda ancha fija.



7.3. Hábitos y preferencias de consumo en Argentina

La evolución de las aplicaciones y de la cultura del consumo de contenidos de internet, marca una tendencia que prioriza el consumo de video y contenidos multimedia. Este hábito consumo explica el gran crecimiento del tráfico en los últimos años y están poniendo a prueba la infraestructura de internet en todo el mundo.

La predominancia del consumo de video, así como nuevas opciones de aplicaciones sociales de streaming en vivo, películas, series, juegos en línea, empujan el crecimiento del volumen de tráfico y esto lleva consigo una demanda constante de mayores anchos de banda. Datos estadísticos de CABASE muestran que en su red el 80% del tráfico corresponde a Facebook, Google y Netflix, el 20% restante corresponde a otras fuentes.

La **tabla 7.13** muestra los 15 sitios web más visitados de Argentina.

Tabla 7.13 - Top 15 sitios más visitados de Argentina.

Rankin	Sitios Web	Logotipo
1	Google.com.ar	
2	Youtube.com	
3	Google.com	
4	Facebook.com	
5	Mercadolibre.com.ar	
6	Live.com	
7	Yahoo.com	
8	Wikipedia.org	
9	Instagram.com	
10	Blogspot.com	
11	Infobae.com	
12	Taringa.net	
13	Netflix.com	
14	Twitter.com	
15	Clarín.com	

Cabe destacar que CABASE cuenta con una gran cantidad de socios, de los cuales las CDN de mayor importancia son las nombradas en la **tabla 7.14**.

Tabla 7.14 - CDN en CABASE

Nº	CDN	Logotipo
1	Netflix	
2	Google	
3	Youtube	
4	Facebook	
5	Akamai	
6	Riot Games	
7	Turner	
8	CloudFlare	

8. Modelos técnicos y situación de interconexión en Argentina

El presente capítulo abordará las principales consideraciones para desarrollar un modelo técnico adecuado a las necesidades de la región. Se tendrán en cuenta análisis hechos por el CAF para la localización de los IXP. También se hará un análisis de la situación de interconexión de Argentina y la importancia de CABASE en el país. Por último, se analizarán los modelos de IXP de acuerdo con la capacidad que deben manejar como así también su arquitectura tecnológica.

8.1. Localización del punto de intercambio

El flujo interregional⁸³ y el flujo doméstico⁸⁴ de cada país son los principales factores a tener en cuenta para la localización óptima de los IXP. Como ya se sabe los IXP interregionales contribuyen a la reducción de costos de tránsito entre los países y la reducción de la latencia, estos puntos son los encargados de hacer el intercambio local como así también conectar el país con el resto de las redes de internet. La localización de los IXP interregionales se verá en el **apartado 8.1.1**

Los IXP domésticos permiten la agregación de tráfico desde ciudades secundarias, lo que contribuye en la reducción de los costos de tránsito. El despliegue de múltiples IXP domésticos reduce la proporción de tráfico que debe ser transferido por medio de redes internacionales o que debe pagar altas tarifas por el uso de redes nacionales. Este concepto es propio de países avanzados en el esquema de interconexión, es el caso de Argentina (**Apartado 8.2**), Brasil en Sudamérica y de Alemania en Europa. La localización de los IXP domésticos se verá en el **apartado 8.1.2**

8.1.1. Localización interregional

Para la localización de un IXP interregional se parte del análisis de las comunidades de internet. Estas comunidades son el conjunto de países que se verán beneficiados por el despliegue de un IXP sin tener que recurrir a puntos alojados en el exterior de estas. Las comunidades de internet también se las denomina clústeres, a continuación, se ven ejemplos de clústeres:

- **Andino/Centroamérica/Norteamérica:** compuesto por México, Panamá, Colombia y Venezuela.
- **Cono Sur:** compuesto por Argentina, Brasil y Chile.

Una vez que se determinan las comunidades de internet⁸⁵, se debe determinar el punto óptimo de localización del IXP, dentro del clúster, para ello se tienen en cuenta

⁸³ **Flujo Interregional:** se define como el tráfico que tiene como origen un país determinado y como destino uno diferente al de origen.

⁸⁴ **Flujo Doméstico:** se define como el tráfico que se genera dentro de un país y puede tener como destino una CDN alojada cerca del IXP, un proveedor vecino o puede tener un destino internacional.

⁸⁵ **Comunidades de interés:** Es el conjunto de ciudades/países a las cuales se quiere hacer participe del IXP.

CAPITULO 8: Modelos técnicos y situación de interconexión en Argentina

los factores descriptos en la **tabla 8.1**. Estos factores permiten asignarles un índice de atraktividad a cada uno de los países que lo componen⁸⁶.

Tabla 8.1 - Índice compuesto de localización.

Indicador	Índice	Fuente	Metodología
Atractivo del marco regulatorio	Índice Herfindahl del mercado de Banda Ancha Fija como proxy de competencia	Calculado sobre la base de información de Convergencia Latina	Cuanto mas bajo es el índice, mas alto el nivel de competencia y, por lo tanto, mas atractivo es el marco regulatorio.
Neutralidad geopolítica	Enabling Trade index	World Economic Forum	Indicador de apertura comercial y a la inversión extranjera
Conectividad de Redes	Numero de cables submarinos y puntos de presencia de redes de fibra optica terrestre	Submarine Cable Almanac	Cuanto mayor el numero de redes, mayor es la disponibilidad de conectividad física
Costo energetico	Costo por kWh (en centavos de USD)	Energy International Statistics Database	Cuanto mas bajo el costo energético, menor es el impacto en OPEX
Costo de transito	Precio por Mbps desde la capital del pais considerando hasta Maimí	Telegeography, entrevistas	Cuanto mas bajo el costo promedio de tránsito internacional, mas bajo es el impacto en OPEX
Aranceles de adquisicion	Costo de importacion e IVA de equipamiento electronico	Import duty and electronic test equipment calculator	Cuanto más bajos los aranceles de adquisición, más reducido es el CAPEX.

Una vez recopilados los datos necesarios, se pasa a calcular el índice de atraktividad, en la **tabla 8.2** y **tabla 8.3** se puede ver un análisis hecho por el CAF para la atraktividad de la localización de IXP interregionales.

Tabla 8.2 - Índice de localización clúster Andino/Centroamérica/Norteamérica.

País	Atractivo del marcos regulatorio	Neutralidad geopolítica	Conectividad de redes (submarina y terrestre)	Costo energético (USD/Cents/kWh)	Costos de Transito (USD/Mbps)	Costo de importación e IVA de equipamiento electrónico.	Atractivo total
México	6,49	5,21	6	1,58	10	3,91	5,53
Panamá	5,29	5,58	4	0,08	3,57	10	4,75
Colombia	9,53	3,82	4	1,67	0	3,91	3,82
Venezuela	0	0	0	10	2,38	3,48	2,25

Tabla 8.3 - índice de localización clúster Cono Sur

País	Atractivo del marcos regulatorio	Neutralidad geopolítica	Conectividad de redes (submarina y terrestre)	Costo energético (USD/Cents/kWh)	Costos de Transito (USD/Mbps)	Costo de importación e IVA de equipamiento electrónico.	Atractivo total
Chile	7,77	10	0	0	7,38	4,35	4,92
Argentina	9,6	3,36	2	8	7,38	5,34	5,06
Brasil	10	3,87	10	2,08	6,9	5,45	5,69

En las tablas anteriores se puede ver que para el clúster Andino/Centroamérica/Norteamérica el país más atractivo para la localización de un IXP interregional es México, pero existe un inconveniente, México es un país en donde

⁸⁶ (Expansion de infraestructura regional para la interconexion de trafico en america latina , 2014)

no existen IXP domésticos con lo cual el costo de tránsito es muy elevado para los proveedores pequeños de ese país. Esto se traduce en una reducción del atractivo para la localización de un IXP interregional. Y para el clúster Cono Sur el país más atractivo es Brasil.

8.1.2. Localización doméstica

En paralelo con el despliegue de IXP interregionales, es aconsejable que dentro de cada país exista un despliegue de IXP regionales para facilitar la interconexión de tráfico dentro del país. Este despliegue permite reducir significativamente el tráfico que debe ser transferido a puntos de interconexión fuera del país como así también reducir las tarifas que los proveedores deben pagar por el uso de redes nacionales. El incentivo principal que determina que IXP dentro del país se interconecten está relacionado con la posibilidad de acceder a mejores tarifas de transporte. Este incentivo es de importancia fundamental para ISP pequeños que deben sobrellevar tarifas elevadas de los proveedores de transportes presentes en la zona. La estructura en malla de IXP interconectados permite negociar transporte agregado a costos relativamente más bajos⁸⁷. De esta forma, los países más avanzados en el despliegue de adoptan una arquitectura que consta de un IXP central al que se vinculan los IXP regionales. Argentina es un país avanzado en puntos de intercambio. CABASE consiste en un IXP central situado en Buenos Aires, donde se alojan los principales proveedores de contenidos (Akamai, Yahoo, Google, entre otros), al que se conectan 28 IXP regionales⁸⁸.

Esta configuración es atractiva en territorios nacionales extensos con ciertas características de demanda. De acuerdo con las experiencias internacionales, la viabilidad de un IXP está determinada por tres factores, que son:

- **Masa crítica de ISP:** debe haber un número de proveedores representativo para la participación en un IXP. Este mercado de proveedores tiene que estar dispuesto a participar del IXP en caso de la localización cercana de un punto.
- **Población e ingreso per cápita:** un índice de población elevado con un ingreso per cápita elevado determinan la existencia de suficientes ingresos para viabilizar un IXP.
- **Penetración de la banda ancha:** determina la proporción de usuarios de internet, lo que denota una capacidad interna de generación de tráfico.

Estos tres factores determinan los ahorros en transporte, en la medida en que estos sean proporcionales al monto de información que es intercambiado en cada IXP. Al mismo tiempo, la posibilidad de éxito de un IXP es directamente proporcional a la distancia que lo separa de un IXP central.

Canadá tiene una metodología para la localización que consiste en recopilar los datos anteriormente mencionados para luego establecer por medio de un promedio

⁸⁷ CAF, 2014

⁸⁸ <https://www.cabase.org.ar/>

CAPITULO 8: Modelos técnicos y situación de interconexión en Argentina

entre los índices calculados un índice final de localización. La **tabla 8.4** muestra los datos recopilados para Argentina hasta el 2017⁸⁹.

Tabla 8.4 – Índice de localización para Argentina

Provincias	Conexiones de banda ancha cada 10 habitantes	Producto Bruto Per Capita (USD)	Densidad de Poblacion	Presencia de IXP	Índice de ubicación de IXP
Tierra del Fuego	10.69	1609.9	5.92	0	9.13
Chubut	7.74	1530.3	2.26	1	7.76
Santa Cruz	4.13	1854.6	1.12	1	7.60
Neuquen	6.98	1486.3	5.86	1	7.48
Buenos Aires	5.54	1134.7	50.8	11	7.32
Santa Fe	6.55	910.0	24.02	2	6.02
Cordoba	6.68	866.9	20.01	1	5.78
Tucuman	3.58	693.4	64.29	1	5.65
La Pampa	7.73	856.5	2.22	0	5.51
Rio Negro	4.79	955.1	3.14	2	4.88
Mendoza	4.81	801.9	11.68	1	4.66
San Luis	4.29	903.0	5.63	1	4.63
Jujuy	3.24	786.0	12.65	1	4.12
Misiones	1.86	677.3	36.96	1	4.11
Entre Rios	3.29	766.4	11.68	0	4.04
San Juan	3.16	795.0	7.59	1	3.96
La Rioja	3.94	740.8	3.72	0	3.91
Catamarca	2.88	807.2	3.58	0	3.77
Salta	2.76	748.5	7.81	1	3.67
Corrientes	2.29	713.5	11.25	0	3.52
Chaco	1.84	741.1	10.59	2	3.44
Formosa	1.30	772.9	7.35	0	3.26
Santiago del Ester	1.76	668.3	6.41	0	3.03

Para la Argentina cuenta con 28 IXP desplegados a lo largo de 15 provincias, de los cuales 11 de los 28 IXP están ubicados en la capital del país. Esto se debe a que Buenos Aires cuenta con el 46% de la población, esto lleva a que el consumo de tráfico este concentrado en ese sector. Se puede ver que Tierra del Fuego es la provincia con un mayor índice de ubicación, pero no posee un IXP, esto se debe a que esta provincia tan solo tiene el 0.31% de la población de Argentina con lo cual el tráfico que puede llegar a generar es muy poco y no justifica la inversión. En el **capítulo 7** estimación de tráfico, se hace un análisis detallado de los volúmenes de tráfico generados en el país, como así también los índices de penetración de la banda ancha.

La **tabla 8.4** representa todas las provincias del país y su índice de localización. Argentina es un país desarrollado en el despliegue de puntos de intercambio. CABASE cuenta con una infraestructura de intercambio desarrollada en el siguiente apartado.

⁸⁹ (Expansion de infraestructura regional para la interconexion de trafico en america latina , 2014)

8.2. Situación de interconexión en Argentina

8.2.1. CABASE

CABASE es la Cámara Argentina de Internet (ex Cámara Argentina de Bases de Datos y Servicios En línea). Dicha cámara reúne las organizaciones proveedoras de servicios de acceso a internet, telefonía, soluciones de *Datacenter* y contenidos online entre otras.

Esta cámara cuenta con distintas comisiones de trabajo que abarcan todos los involucrados en lo que respecta al ecosistema de internet, estas comisiones son:

- Comisión de Proveedores de Internet (ISPs)
- Comisión de Legales y Políticas Públicas
- Comisión de Contenidos
- Comisión de Comercio Electrónico
- Comisión de Carriers
- Comisión de Internet de las cosas⁹⁰ (IoT)
- Comisión de Internet Móvil
- Comisión de IXPs
- Comisión Técnica y Capacitación
- Comisión de Hosting, Cloud y Datacenter
- Comisión Satelital
- Comisión de Telefonía IP

Estas comisiones están encargadas de mantener informados a los participantes de la cámara de aspectos técnicos, comerciales, oportunidades de negocios, legales e intereses comunes para el sector. La comisión de IXP es la encargada de definir cuestiones formales, administrativas o técnicas de los IXP. Esta genera vínculos con cooperativas, universidades, empresas que puedan generar oportunidades de negocios y brindar beneficios al ecosistema de los IXP.

8.2.2. Despliegue CABASE en Argentina

CABASE cuenta con 28 IXPs en funcionamiento en Argentina, la **tabla 8.5** muestra los IXP en funcionamiento en el país. El caso CABASE es particular entre los IXP alrededor del mundo, esto se debe a que cuenta con un IXP de ruteo central en la ciudad de Buenos Aires a donde converge el resto de IXP domésticos desplegados a lo largo del país, esta arquitectura también se presenta en Alemania y Brasil.

⁹⁰ IoT - Internet of Things

Tabla 8.5 – IXP pertenecientes a CABASE

Nº	IXP en Funcionamiento	Nº	IXP en Funcionamiento
1	IXP BUENOS AIRES	15	IXP JUNIN
2	IXP NEUQUÉN	16	IXP PERGAMINO
3	IXP ROSARIO	17	IXP TUCUMAN
4	IXP BAHÍA BLANCA	18	IXP SAENZ PEÑA
5	IXP MENDOZA	19	IXP GBA ZONA NORTE
6	IXP SANTA FÉ	20	IXP JUJUY
7	IXP de la COSTA	21	IXP GBA ZONA OESTE
8	IXP CÓRDOBA	22	IXP TANDIL
9	IXP LA PLATA	23	IXP RESISTENCIA
10	IXP MAR DEL PLATA	24	IXP SAN JUAN
11	IXP POSADAS	25	IXP VIEDMA
12	IXP BARILOCHE	26	IXP SALTA
13	IXP PUERTO MADRYN	27	IXP RIO GALLEGOS
14	IXP SAN LUIS	28	RUTEO CENTRAL

En la página web de CABASE⁹¹ se puede ver cuáles son los participantes de cada uno de los IXP. Esta imagen refleja los puntos donde existe un IXP, los futuros puntos en los que están trabajando como así también alguno de los miembros más importantes de esta red.

8.3. Modelos de IXP de acuerdo su capacidad

A partir del índice de localización indicado en el **apartado 8.1.2** se pueden definir cuatro arquitecturas tecnológicas para los diferentes IXP. Para la clasificación de los puntos de intercambio es necesario dar unas definiciones:

- **Numero de puertos:** cantidad de conectores disponibles para enlazar una red a un dispositivo de administración de red.
- **Tráfico agregado:** cantidad total de tráfico intercambiado en el punto de interconexión o equipo.
- **Ancho de banda requerido:** cantidad de bits por segundo que puede bajar un computador en un intervalo de tiempo determinado.
- **Numero de ISP:** cantidad de IXP conectados a un punto de intercambio.

El CAF hace una recomendación para los modelos técnicos de acuerdo con el nivel en que se encuentra el IXP. Para ello se basa en los principios de estandarización en procesos, siguiendo el modelo del *Uptime Institute*⁹². Los principios de estandarización están basados en mantener una infraestructura adaptable y escalable capaz de soportar la interconexión nacional de nivel 1 y 2. Como así también mantener un equipamiento de aire acondicionado de precisión, un sistema de UPS y generadores capaces de mantener una calidad de servicio elevada. CABASE para sus IXP adopta a estas recomendaciones casi en su totalidad, con algunas posibles modificaciones de acuerdo con las necesidades.

⁹¹ <https://www.cabase.org.ar/wp-content/uploads/2018/07/Poster-Cabase-2018-FINAL-web.gif>

⁹² <https://es.uptimeinstitute.com/>

En algunos casos, puede variar la configuración de acuerdo al presupuesto. En casos con un monitoreo adecuado, se puede optar por una sola unidad de aire acondicionado. De igual forma, la configuración de UPS propuestas por *Uptime Institute* consiste en dos unidades internas especiales que funcionan independientemente tomando una como respaldo de la otra. Por último, los servidores necesarios espejos necesarios, como los espejos, DNS, NTP (*Network Time Protocol*), dan estabilidad a las redes de los miembros y los usuarios del IXP.

8.3.1. Modelo de IXP interregional

Para analizar un punto de intercambio interregional, se tomará el caso de Panamá, que cuenta con documentación abierta publicada por el CAF⁹³. La **tabla 8.6** muestra las premisas de capacidad para el IXP de Panamá.

Tabla 8.6 – Requerimientos de tráfico

Indicadores	Capacidad inicial	Capacidad a dos años
Número de puertos	13	20
Ancho de Banda	7.32 Gbps	10,9 Gbps
Ancho de Banda agregado	24.7 Gbps	37 Gbps
Numero de ISP locales	3	4

El equipamiento de este punto de intercambio se ve reflejado en la **tabla 8.7**. Este equipamiento es capaz de soportar las premisas del punto y su crecimiento futuro.

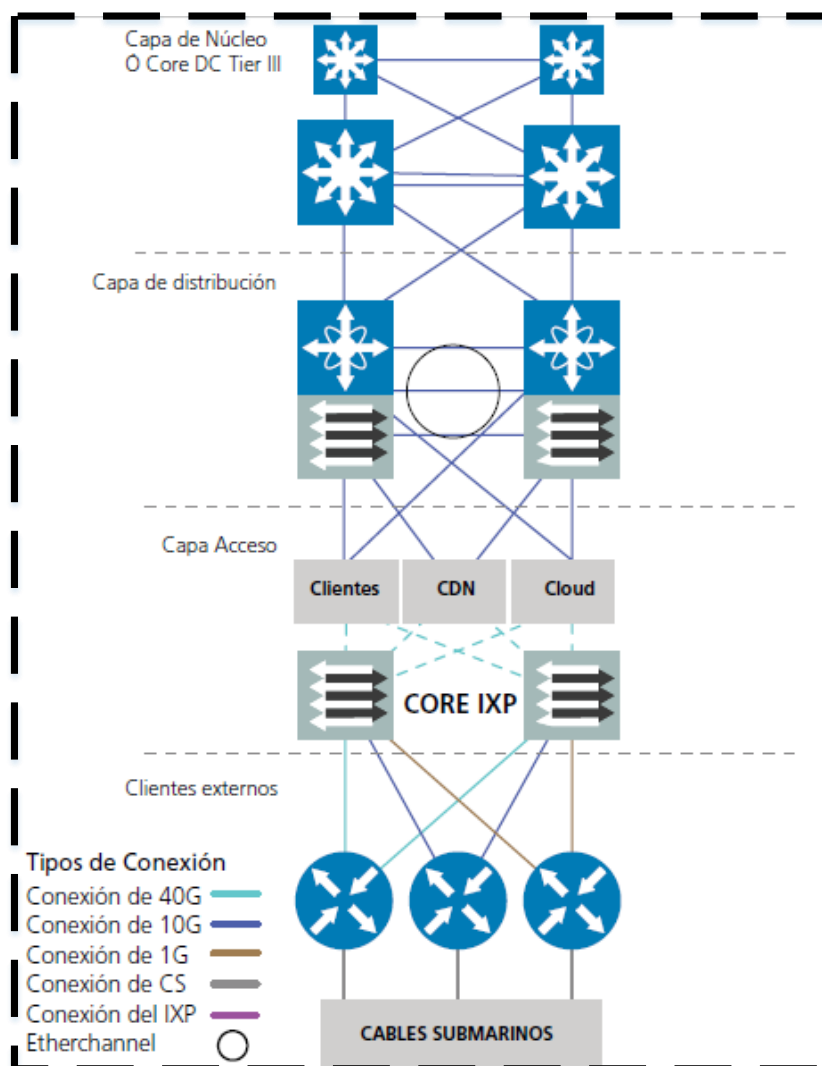
Tabla 8.7 - Equipamiento requerido para IXP Panamá

Equipamiento	Marca y modelo	Cantidad
Switches capa 3 de 10 gigas	Cisco C4900M/Black Diamond X8/Brocade MLX-8	2
Racks para servidores	42U Server Cabinet Genérico	100
Organizador de fibra óptica	Panduit	2
Aire acondicionado de precision	Liebert Datamate Precision Cooling Sistema 5 ton	2
Planta de energia	Perkins 60Kva	2
UPS	UPS APM 40 Kva respaldo interno	2
Servidores de monitoreo	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidor NTP	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidor espejo	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidores de DNS caching	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidor de respaldo	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidor web	PowerEdge R210 II Rack Server	2

La configuración tecnológica de un IXP interregional está basada en tres capas que son el núcleo, distribución y acceso. La disposición del equipamiento se ve reflejado en el **gráfico 8.1**.

⁹³ (Expansion de infraestructura regional para la interconexion de trafico en america latina , 2014)

Gráfico 8.1 - Configuración tecnológica para IXP Panamá



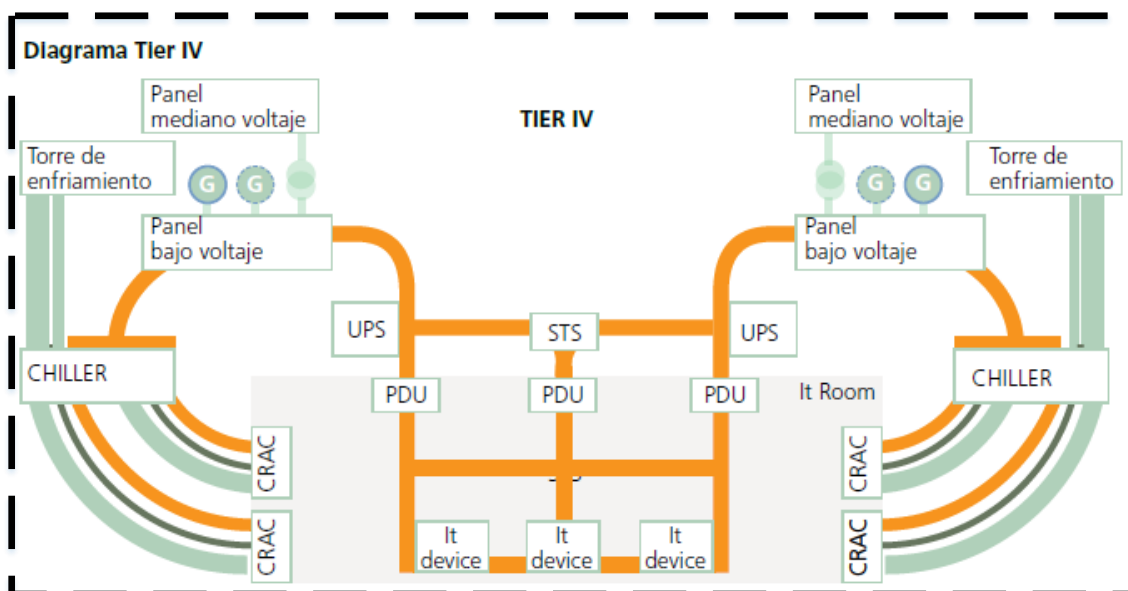
Además, cada IXP interregional cuenta con un *datacenter* Tier IV para ofrecer colocación. El equipamiento necesario para ello se puede ver en la **tabla 8.8**.

Tabla 8.8 - Equipamiento de colocación para IXP Panamá

Equipamiento	Marca y modelo	Cantidad
Switches L3 10/40/100G	Catalyst 6500 / 6509 / X8 / Brocade MLX-8	2
Switches L3 10/40/100G	Cisco Nexus 7000	2
Switches capa 3	Cisco C4900M /3750/ASR 1004	2
Switches	WS-C3750X-48P-L	2
Seguridad	ASA 5585-X	2
Racks para servidores	42U Server Cabinet Genérico	100
Aire acondicionado de precisión	ton	2
Planta de energía	Perkins / cumings 370Kva	2
UPS	UPS APM 200 Kva respaldo interno	2
Servidores monitoreo, NTP	PowerEdge R210 II Rack Server	4
Servidores DNS caching	PowerEdge R210 II Rack Server	2

El datacenter para colocación tier IV para los centros interconexión se puede ver en el **gráfico 8.2**.

Gráfico 8.2 - Configuración tecnológica para colocación



8.3.2. Modelo de IXP nacional nivel 1

Los parámetros de capacidad para definir un centro de interconexión nacional nivel 1 son las descriptas en la **tabla 8.9**.

Tabla 8.9 - Supuestos de capacidad requerida por los IXP nivel 1

Indicadores	Capacidad inicial	Capacidad a dos años
Número de puertos	7	>20
Ancho de Banda	12 Gbps	>18 Gbps
Ancho de Banda agregado	2.1 Gbps	5.4 Gbps
Numero de ISP locales	3	>6

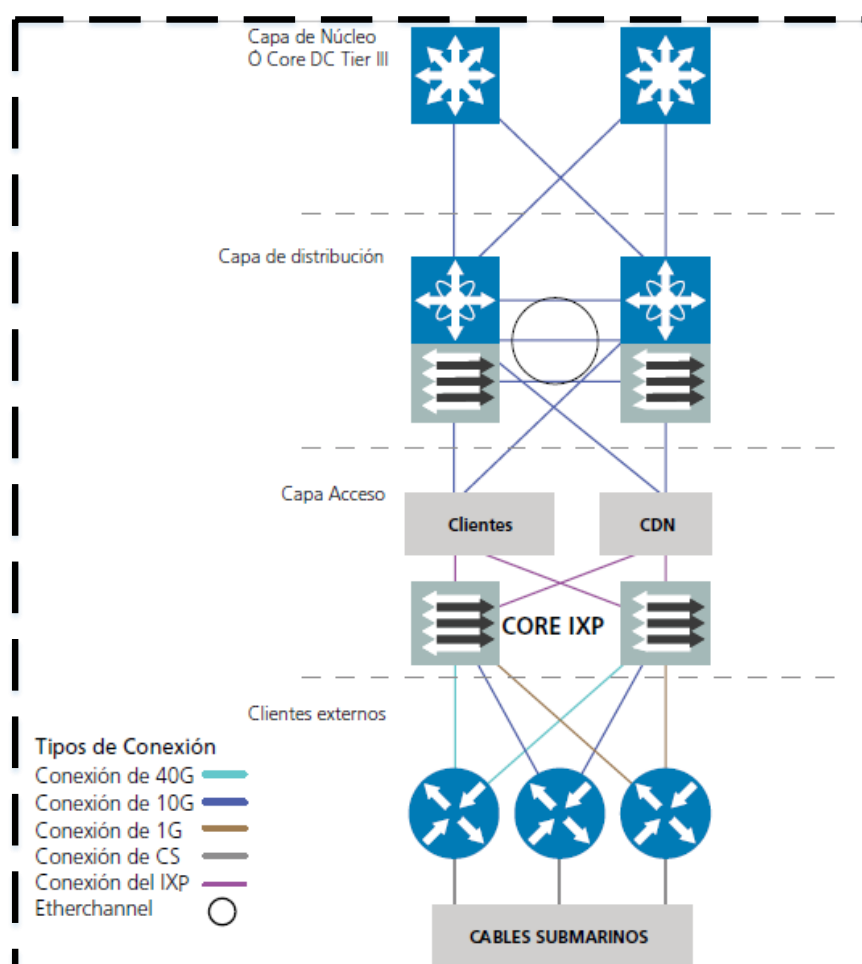
El equipamiento para estas premisas de capacidad se ve reflejado en la **tabla 8.10**.

Tabla 8.10 - Equipamiento para IXP nacional nivel 1

Equipamiento	Marca y modelo	Cantidad
Switches capa 3 de 10 gigas	Cisco C4900M/Black Diamond X8/ Brocade MLX-8	2
Racks para servidores	42U Server Cabinet Genérico	5
Organizador de fibra óptica	Panduit	2
Aire acondicionado de precision	5 ton	2
Planta de energia	Perkins 60Kva	1
UPS	UPS APM 40 Kva respaldo interno	1
Servidores de monitoreo	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidor NTP	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidor espejo	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidores de DNS caching	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidor de respaldo	PowerEdge R210 II Rack Server	1
Servidor web	PowerEdge R210 II Rack Server	2

La configuración de un IXP nacional nivel 1 es similar a la de un interregional, aunque su capa de acceso esta menos desarrollada, esto se puede ver en el **gráfico 8.3**.

Gráfico 8.3 - Modelo IXP nacional nivel 1



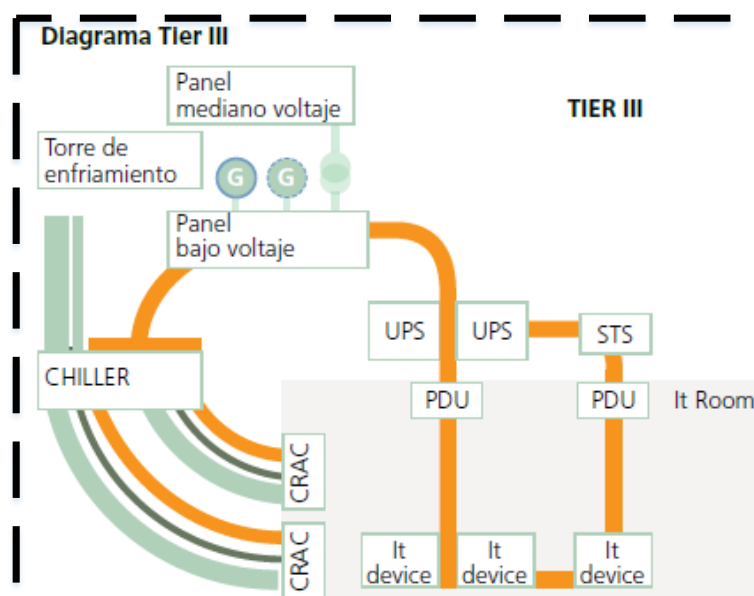
Al igual que los IXP interregionales, la arquitectura tecnológica del IXP nacionales nivel 1 incluye un datacenter para colocación. A pesar de esta similitud, los IXP nacionales nivel 1 cuentan con data center Tier III y su equipamiento se ve reflejado en la **tabla 8.11**.

Tabla 8.11 – Equipamiento de colocación.

Equipamiento	Marca y modelo	Cantidad
Switches capa 3 de 10G	Cisco 4900	2
Switches capa 3	Cisco 3750	2
Switches capa 2	Cisco 2950	2 - 4
Racks para servidores	42U Server Cabinet Genérico	20
Organizador de fibra óptica	Panduit	2
Aire acondicionado de precisión	Liebert Datamate Precisión Cooling Sis. 10 ton	2
Planta de energía	Perkins / cumings 75Kva	2
UPS	UPS APM 80 Kva respaldo interno	1
Servidores de monitoreo	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidor NTP	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidor espejo	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidores DNS caching	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidor de respaldo	PowerEdge R210 II Rack Server	1

La configuración del equipamiento para la colocación Tier III para un IXP nacional nivel 1 es la que se muestra en el **gráfico 8.4**.

Gráfico 8.4 - Configuración tecnológica para colocación IXP nacional nivel 1



8.3.3. Modelo de IXP nacional nivel 2

A diferencia de los IXP nacionales nivel 1, los IXP nacionales nivel 2 consisten en puntos de agregación y entrega de tráfico. La capacidad soportada por estos puntos varía de ciudad en ciudad. En el despliegue que posee CABASE en Argentina cuenta

con una amplia cantidad de estos IXP nacionales nivel 2. La **tabla 8.12** muestra los diferentes requisitos de capacidad de las diferentes ciudades de Argentina.

Tabla 8.12 – Capacidad requerida para IXP en Argentina

Provincia	Ind. Loc	AB req. (GB)
Salta	3,67	1,7
Mendoza	4,66	15,98
Neuquén	7,48	13,60
Cordoba	5,78	14,79
Santa Fé	6,02	5,71
Posadas	4,11	4,07
La Rioja	4,12	3,97

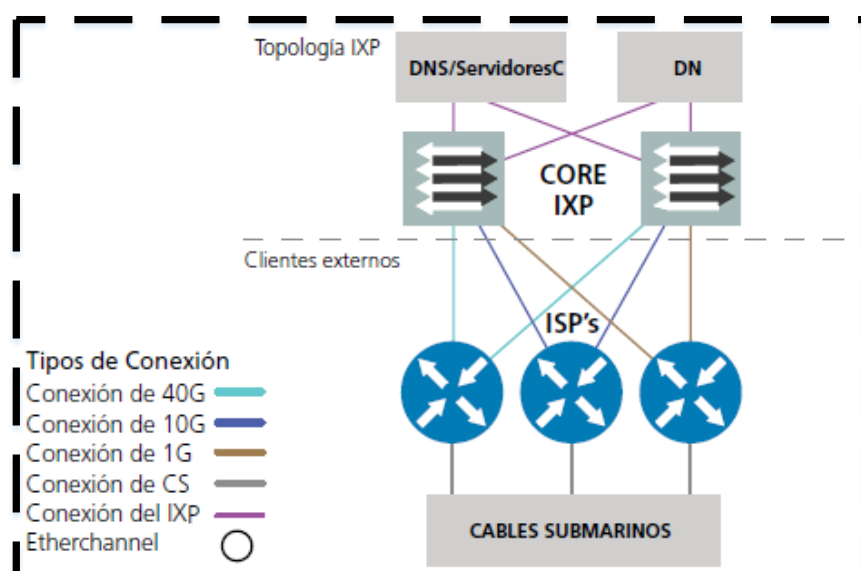
Se puede ver la diferencia de capacidad necesaria, es por ello que este modelo es abierto a cambios para poder adaptarse a esta variabilidad. Para ello se cambia el tipo de switch y la cantidad de estos. El resto de equipamiento seria el mismo, esto se ve en la **tabla 8.13**

Tabla 8.13 - Equipamiento para IXP nacional nivel 2

Equipamiento	Marca y modelo	Cantidad
Switches capa 3 de 10 gigas	Cisco C4900M	2
Racks para servidores	42U Server Cabinet Genérico	4
Organizador de fibra óptica	Panduit	1
Aire acondicionado de precision	Liebert Datamate Precision Cooling Sistema 5 ton	1
Planta de energia	Perkins 60Kva	1
UPS	UPS APM 40 Kva respaldo interno	2
Servidores de monitoreo	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidor NTP	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidor espejo	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidores de DNS caching	PowerEdge R210 II Rack Server	2
Servidor de respaldo	PowerEdge R210 II Rack Server	1
Servidor web	PowerEdge R210 II Rack Server	1

La arquitectura de un IXP nacional nivel 2 es similar a la del nivel 1 pero de menor envergadura. Esto se puede ver en el **gráfico 8.5**. Es importante señalar que, si en un futuro se desea que este IXP nacional pueda proporcionar servicios de colocación, se debe modificar la topología y llevarlo al nivel 1 (Tier III) que es lo mínimo recomendado para ofrecer este servicio.

Gráfico 8.5 - Modelo IXP nacional nivel 2



8.3.4. Software requerido

Para los IXP es necesario proporcionar software para su funcionamiento, estos se los puede dividir en siete ramas. Se analiza la propuesta Open Source en la medida de que esto sea posible y la **tabla 8.14** muestra el software que es necesario para el correcto funcionamiento del punto. Los IXP con el pasar del tiempo abarcaron el mercado de la colocación, esto comprende el hosting (servicio de almacenaje) y cloud. Los clientes potenciales de este servicio están interesados en cuatro variables dentro del data center y son, enfriamiento, energía, seguridad y conectividad.

Tabla 8.14 - Software requerido.

Tipo	Software
Sistema Operativos	* FreeBSD, OpenBSD
	* Debian
	* Centos
	* RedHat
Software de Monitoreo	* openQRM
	* Nagios
	* Cacti
	* Munin
DNS Software	* Bind
	* NSD: Name Server Daemon
	* Unbound
Cloud Software	* OpenStack Source Cloud Computing Software
	* Eucalyptus Open Source Cloud Computing Software
	* Oracle Private Cloud
	* RightScale Cluod Management
Hosting (servicio de hosting en el caso de que se ofresca esta alternativa en su cartelera de productos)	* Cpanel (USD300 x Mes)
Licencias de virtual server software	* Vmware (USD 3000 - USD 11000)
Base de datos	* MariaDB, MySQL, Cassandra

9. Análisis de tráfico para el ministerio de hacienda y finanzas

Este capítulo muestra un análisis del tráfico del ministerio de hacienda y finanzas de la ciudad de Salta. Los datos fueron obtenidos por medio del software Cacti, este nos permite obtener datos estadísticos del router por medio del protocolo SNMP⁹⁴. En la actualidad el router del ministerio de hacienda cuenta con 2 conexiones WAN⁹⁵, una de ellas está conectada a la red de Telecom y la otra está conectada al IXP Salta ubicado en UCASAL⁹⁶. El IXP Salta fue inaugurado en junio del año 2016 y sus participantes a 2018 son:

- Biecom
- Ministerio de hacienda y finanzas
- Telmex Argentina S.A
- Ucasal

Dicho IXP Salta a momento se encuentra en la fase inicial, en donde cuenta con pocos integrantes y una negativa de participación de los ISP locales, esto se debe a una actitud conservadora por parte de los proveedores con respecto a esta nueva alternativa de conexión en Salta.

Este análisis de las mediciones tiene como objetivo mostrar el comportamiento del tráfico al incorporar una nueva conexión WAN por medio del IXP Salta. Inicialmente el ministerio de hacienda únicamente contaba con una conexión de 20 Mbps provista por Telecom. Estas mediciones se realizaron desde el 1 de marzo al 31 de julio del 2018.

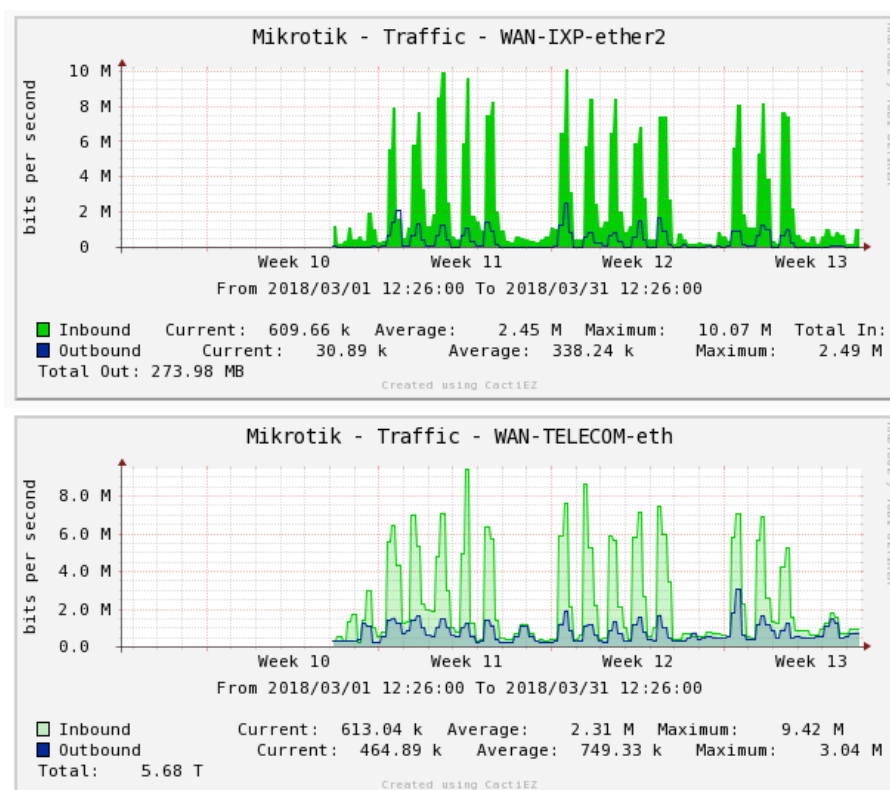
9.1. Tráfico de marzo

El **gráfico 9.1** muestra las mediciones registradas en marzo. Las mediciones realizadas sobre la red del ministerio tienen una particularidad, sus mayores requerimientos de ancho de banda son de lunes a viernes por la mañana y la tarde. En la noche la red permanece prácticamente inactiva.

⁹⁴ SNMP - Simple Network Management Protocolo

⁹⁵ WAN – Wide Area Network

⁹⁶ UCASAL – Universidad Católica de Salta

Gráfico 9.1 - Tráfico de Marzo

La **tabla 9.1** muestra los anchos de banda utilizados registrados para el mes de marzo en Mbps, y se puede ver como se comparte el ancho de banda total entre las dos WAN. En promedio se registra que el 31,1% del tráfico de upload fue por el IXP y el 68,1% por Telecom. Y para el tráfico de download se registra un promedio de 51,5% por el IXP y el 48,5% por Telecom.

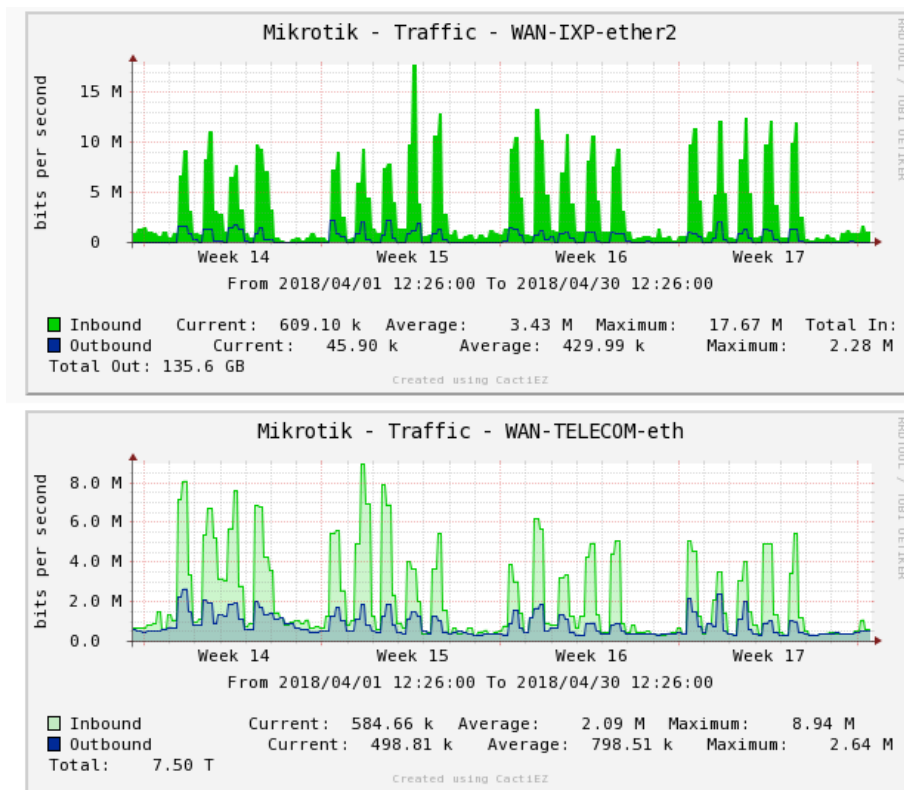
Tabla 9.1 - Ancho de banda utilizado en marzo

MARZO				
WAN	AB Upload Promedio (Mbps)	AB Upload Maximo (Mbps)	AB Download Promedio (Mbps)	AB Download Maximo (Mbps)
WAN IXP Salta	0,3303	2,49	2,45	10,07
WAN Telecom	0,7318	3,04	2,31	9,42
Total	1,0621	5,53	4,76	19,49

9.2. Tráfico de abril

El **gráfico 9.2** muestra las mediciones registradas en abril.

Gráfico 9.2 - Tráfico de Abril



La **tabla 9.2** muestra los anchos de banda utilizados registrados para el mes de abril en Mbps. En promedio se registra que el 35% del tráfico de upload fue por el IXP y el 65% por Telecom. Y para el tráfico de download se registra un promedio de 62,1% por el IXP y el 37,9% por Telecom.

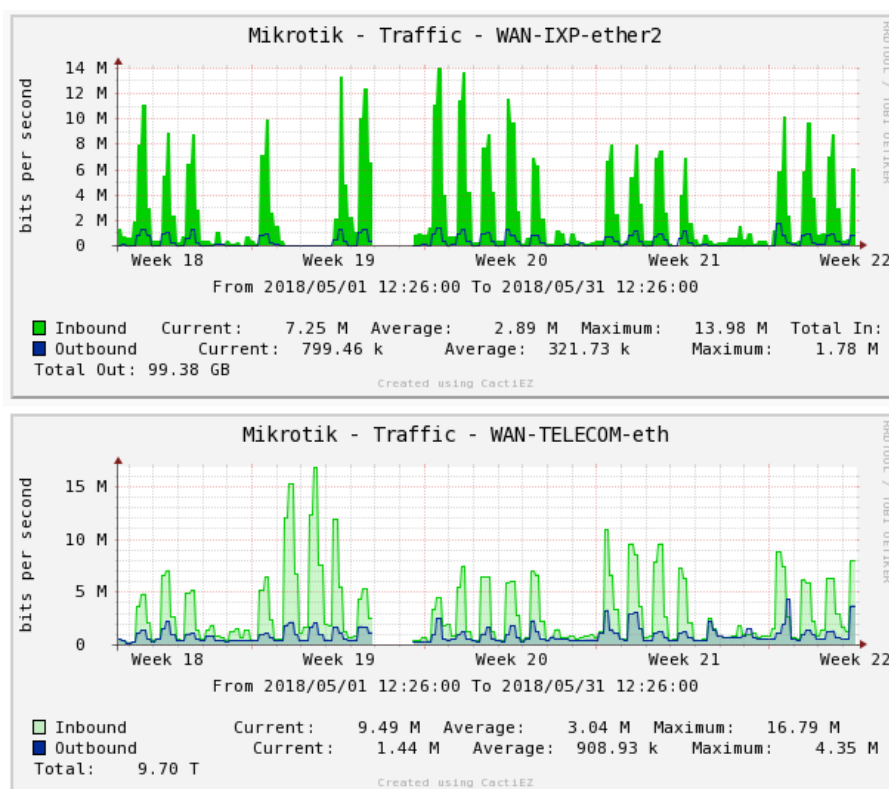
Tabla 9.2 - Ancho de banda utilizado en abril

ABRIL				
WAN	AB Upload Promedio (Mbps)	AB Upload Maximo (Mbps)	AB Download Promedio (Mbps)	AB Download Maximo (Mbps)
WAN IXP Salta	0,4199	2,28	3,43	17,67
WAN Telecom	0,7798	2,64	2,09	8,94
Total	1,1997	4,92	5,52	26,61

9.3. Tráfico de mayo

Esto puede verse en el **gráfico 9.3**.

Gráfico 9.3 - Tráfico de Mayo



La **tabla 9.3** muestra los anchos de banda utilizados registrados para el mes de mayo en Mbps. En promedio se registra que el 26,1% del tráfico de upload fue por el IXP y el 73,9% por Telecom. Y para el tráfico de download se registra un promedio de 48,7% por el IXP y el 51,3% por Telecom.

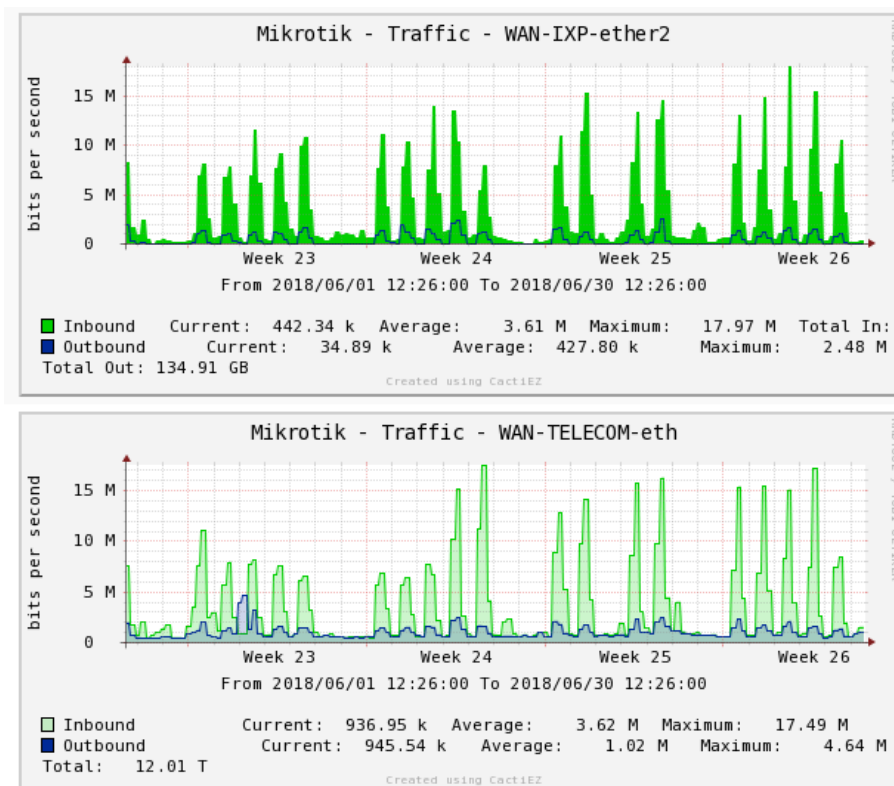
Tabla 9.3 - Ancho de banda utilizado en mayo

MAYO				
WAN	AB Upload Promedio (Mbps)	AB Upload Maximo (Mbps)	AB Download Promedio (Mbps)	AB Download Maximo (Mbps)
WAN IXP Salta	0,3142	1,78	2,89	13,98
WAN Telecom	0,8876	4,35	3,04	16,79
Total	1,2018	6,13	5,93	30,77

9.4. Tráfico de junio

Esto puede verse en el **gráfico 9.4**.

Gráfico 9.4 - Tráfico de Junio



La **tabla 9.4** muestra los anchos de banda utilizados registrados para el mes de junio en Mbps. En promedio se registra que el 29,1% del tráfico de upload fue por el IXP y el 70,9% por Telecom. Y para el tráfico de download se registra un promedio de 49,9% por el IXP y el 50,1% por Telecom.

Tabla 9.4 - Ancho de banda utilizado en junio

JUNIO				
WAN	AB Upload Promedio (Mbps)	AB Upload Maximo (Mbps)	AB Download Promedio (Mbps)	AB Download Maximo (Mbps)
WAN IXP Salta	0,4178	2,48	3,61	17,97
WAN Telecom	1,0200	4,64	3,62	17,49
Total	1,4378	7,12	7,23	35,46

9.5. Tráfico de julio

Esto puede verse en el **gráfico 9.5**.

Gráfico 9.5 - Tráfico de Julio



La **tabla 9.5** muestra los anchos de banda utilizados registrados para el mes de julio en Mbps. En promedio se registra que el 33,7% del tráfico de upload fue por el IXP y el 66,3% por Telecom. Y para el tráfico de download se registra un promedio de 52,3% por el IXP y el 47,7% por Telecom.

Tabla 9.5 - Ancho de banda utilizado en julio

JULIO				
WAN	AB Upload Promedio (Mbps)	AB Upload Maximo (Mbps)	AB Download Promedio (Mbps)	AB Download Maximo (Mbps)
WAN IXP Salta	0,4110	2,41	3,4	15,32
WAN Telecom	0,8079	2,03	3,1	15,25
Total	1,2188	4,44	6,5	30,57

9.6. Análisis final de ancho de banda

Como se vio en los apartados anteriores, la incorporación de la WAN trajo como consecuencia una división del tráfico total entre las dos WAN. El **gráfico 9.6** muestra como el AB de upload varia a lo largo de los meses y el **gráfico 9.7** muestra que el 30,9% del tráfico de upload se dirigió por el IXP y el 69,1% por la red de Telecom. Esto no muestra que el tráfico de upload de Telecom se vio disminuido en un 30,9% en promedio.

Gráfico 9.6 - AB upload de marzo a julio

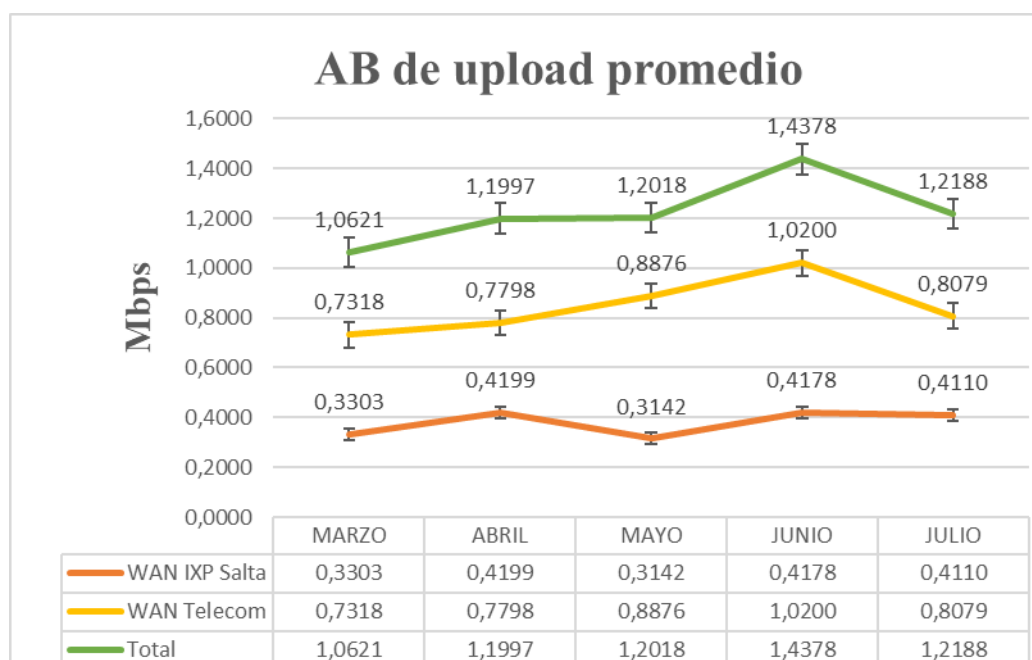
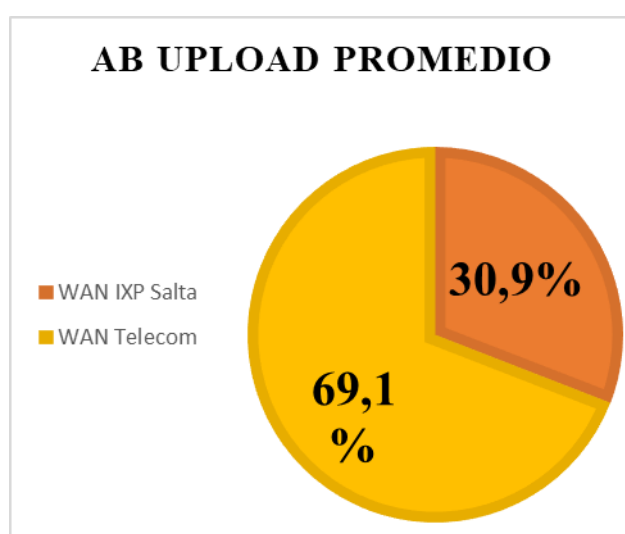
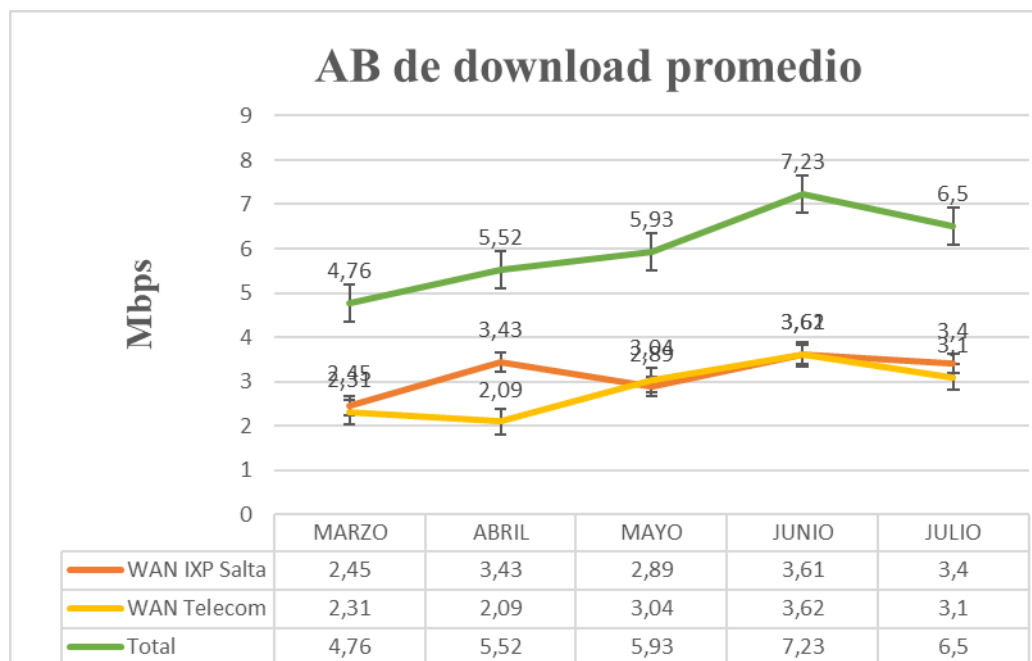
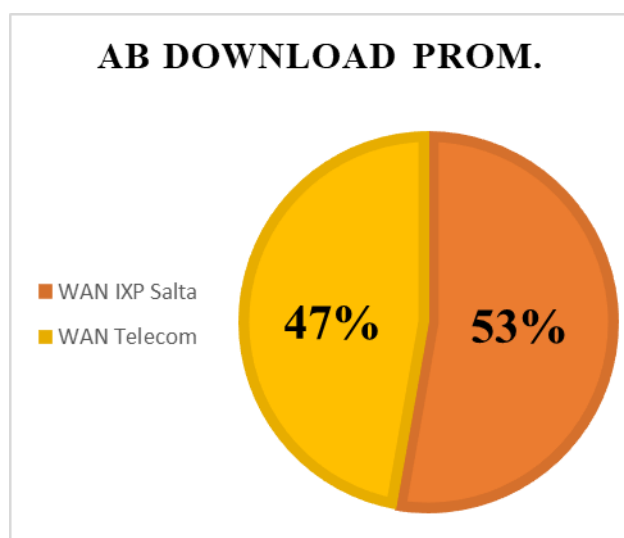


Gráfico 9.7 - AB upload total



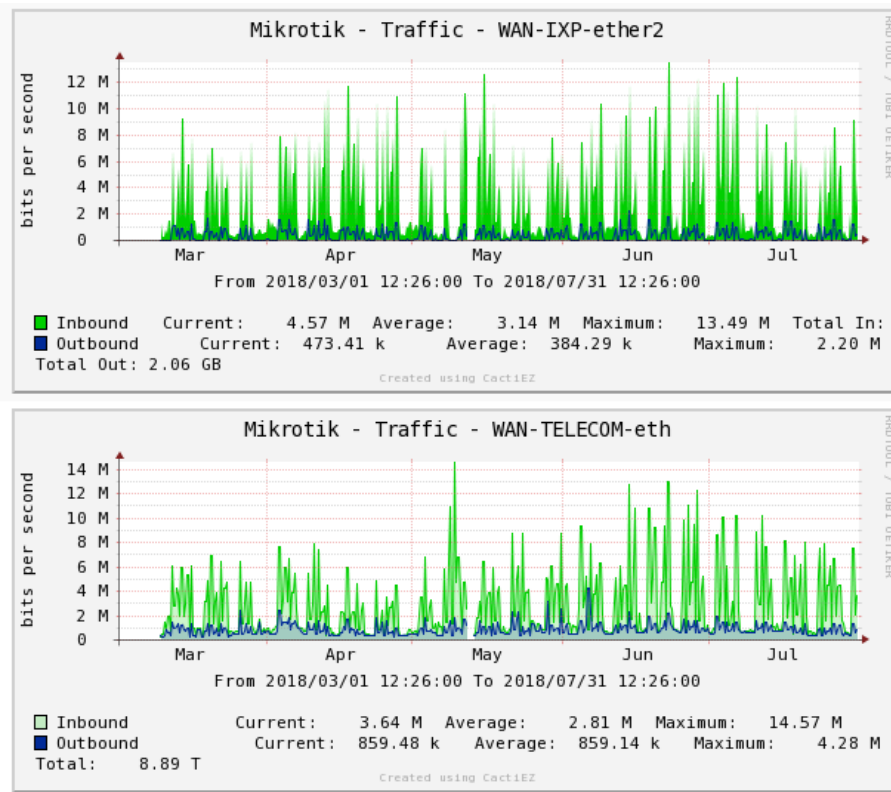
En lo que respecta al download el **gráfico 9.8** muestra el comportamiento del tráfico a lo largo de los 5 meses de la medición y el **gráfico 9.9** muestra que en promedio el 53% del tráfico de download fue gestionado por el IXP y el 47% por la red de Telecom. Esto muestra una disminución del 53% del tráfico que anteriormente gestionaba Telecom. En

el **capítulo 10** se verá el impacto económico de estas variaciones de tráfico entre las redes WAN con las que cuenta el ministerio de hacienda. Esto luego permitirá hacer un análisis de los beneficios y consecuencias desde el punto de vista económico para los posibles interesados en participar del IXP.

Gráfico 9.8 - AB download de marzo a julio**Gráfico 9.9 - AB download total**

Ahora analizando la medición de marzo a julio se puede ver que los picos máximos de ancho de banda requeridos fueron de 14,57 Mbps por Telecom y de 13,49 Mbps por el IXP. Esto se puede ver en el **gráfico 9.10**

Gráfico 9.10 – Tráfico total de marzo a julio



10. Análisis económico de un IXP

Se vio en el **capítulo 9**, análisis del tráfico para el ministerio de hacienda y finanzas, las variaciones del ancho de banda utilizado con la incorporación de una WAN por medio del IXP Salta. En este capítulo se busca explicar el impacto económico que tienen esas variaciones. Para ello se parte del análisis de costos del ministerio para luego hacer un análisis de los costos que tendría la participación de un ISP en el IXP. Los costos para el ministerio no son los mismos que para un ISP y esto se debe a las mensualidades que se deben pagar a LACNIC por el espacio de direcciones IPv4 e IPv6 y el ASN. La divisa utilizada para este análisis será el dólar americano y el tipo de cambio tomado será el del día 31 de agosto de 2018 que es de 39 pesos argentinos.

10.1. Los costos de participar del IXP

Para participar de un IXP de CABASE se debe tener su propio rango de direcciones IP y tener asignado un ASN como así también se debe ser socio de CABASE, en la categoría que corresponda. Al momento de ingresar al IXP también se debe pagar un aporte inicial de confirmación de IXP por única vez y un fondo de contingencia que se paga al ingresar al IXP y se vuelve a pagar cuando el fondo se agote. Y por último se debe tener en cuenta que se deberá pagar por un proveedor de tránsito hacia el IXP de ruteo central, en el caso del IXP Salta este proveedor es Claro. La **tabla 10.1** representa los conceptos a pagar para ingresar al IXP. Para ver conocer los precios revisar el **ANEXO A**.

Tabla 10.1 - Costos para participar de un IXP.

Concepto	Definición	Carácter
Bloque de direcciones IPv4 e IPv6	Es la asignación de direcciones al ISP o usuario final	Anual
Alta de ASN	Es la asignación de un número de sistema autónomo para la red	Única vez
Matrícula inicial CABASE	Inscripción a CABASE	Única vez
Cuota societaria CABASE	Mensualidad para ser socio de CABASE	Anual
Aporte inicial confirmación IXP	Dirigido al fondo de conformación del IXP, para la compra inicial de equipamiento y puesta en marcha.	Única vez
Fondo de contingencia de IXP	Fondo común entre los participantes para afrontar posibles contingencias del IXP.	Hasta que se lo utiliza

10.1.1. Categorías de membresía de LACNIC

Uno de los requisitos es tener su propio bloque de direcciones IP y tener asignado un ASN. Para ello es necesario identificar el tipo de miembro y considerar los costos que esto implican, como así también solicitar el alta de un ASN. Los tipos de miembros son:

- **Miembro Activo A – ISP:** Son aquellos miembros que reciben direcciones IP para posteriormente asignarlas a sus clientes. La categoría de los miembros ISP es definida por la cantidad de direcciones IPv4 o IPv6 que les fue

CAPITULO 10: Análisis económico de un IXP

asignada. Se paga un alta de bloques IP y al año de aniversario se paga una cuota de renovación de carácter anual.

- **Miembro Activo A – Usuario final:** Son los miembros que reciben direcciones IP para uso en su propia infraestructura y no la asignan a terceros.

El alta de ASN se paga por única vez para su asignación, para consultar los precios que se deberán pagar a LACNIC consultar el **ANEXO A**.

10.1.2. Categoría de Socios CABASE

Otro de los requisitos para la participación de una red en el IXP es ser socio de CABASE y asumir los costos de participación del punto. Los tipos de miembros de se resumen a continuación:

- **Socio especial:** Se considera socio especial a los organismos gubernamentales, universidades, municipios, entre otros.
- **Socio activo:** Socio activo son el resto de las organizaciones con fines de lucro.

Los costos de participación son los costos que los interesados en participar del IXP tendrán que pagar para puesta en marcha y mantenimiento anual del punto.

10.2. Análisis económico para el ministerio de hacienda y finanzas

Para este análisis se comparan los costos fijos que se tenían antes y después del IXP para luego comparar cuánto cuesta el Mbps por mes para el ministerio de hacienda. Cabe destacar que al momento el ministerio cuenta con una doble conexión, y por medio de este análisis se puede justificar la reducción del servicio de Telecom por su alto costo.

10.2.1. Análisis de costos sin IXP

Antes de participar del IXP el servicio de internet del Ministerio de Hacienda lo proveía únicamente Telecom. Este servicio consistía en 20 Mbps a un costo de \$45,242+IVA. El ministerio en ese momento no contaba con recursos de direccionamiento propios, es por ello por lo que el costo del Mbps es el que se refleja en la **tabla 10.2**

Tabla 10.2 – Costo del Mbps sin recursos de direccionamiento.

Servicio de Telecom de trafico inter. para el Ministerio de Hacienda y Finanzas sin IXP			
Servicio	Precio x mes	Precio + IVA	x Año
20 Mbps en pesos	45.242	54.743	656.918
20 Mbps en USD	1.191	1.441	17.287
1 Mbps en pesos	2.262	2.737	32.846
1 Mbps en USD	60	72	864

El costo del Mbps por mes es de USD 60+IVA. Ahora si bien esos fueron los números del ministerio sin tener recursos propios de direccionamiento. Es útil analizar el caso de necesitar tener su propio bloque de direcciones y ASN por las ventajas que se vieron en el **apartado 3.6**. Para ello se tiene en cuenta que será necesario que se necesita tener un bloque de direcciones propio y un ASN. Esto es necesario para poder enrutar el tráfico por medio de BGP a través de la red del proveedor de tráfico. La

tabla 10.3 y la **tabla 10.4** representan los valores en vigencia en 2018, pero puede que a futuro se presente una actualización de estos valores.

Tabla 10.3 – Costos de direccionamiento para Usuario Final 1er año.

Costos Fijos para el Ministerio de Hacienda sin IXP - 1er Año		
Concepto	Anual en USD	Mensual en USD
Alta de ASN	USD 1000	
Bloque de direcciones IPv4	USD 2500	
Total	USD 3500	USD 291,67

Tabla 10.4 – Costos de direccionamiento para Usuario Final 2do año

Costos Fijos para el ministerio de hacienda sin IXP - 2do Año		
Concepto	Anual en USD	Mensual en USD
Alta de ASN	USD 0	
Bloque de direcciones IPv4	USD 600	
Total	USD 600	USD 50

Teniendo en cuenta los costos fijos por los recursos de direccionamiento, el costo del Mbps en este caso sería de USD 86,6 +IVA por mes el primer año y USD 74,5+IVA el segundo año. Esto se ve reflejado en la **tabla 10.5**.

Tabla 10.5 – Costo del Mbps con recursos de direccionamiento propios.

Costo para el Ministerio de Hacienda 1er Año con recursos de direccionamiento			
Concepto	Transito Telecom	Costos fijos	Total
20 Mbps por Carrier en USD	1.440,6	291,7	1.732,3
1 Mbps por Carrier en USD			86,6

Costo de tráfico para el Ministerio de Hacienda 2do Año con recursos de direccionamiento			
Concepto	Transito Telecom	Costos fijos	Total
20 Mbps por Carrier en USD	1.440,6	50,0	1.490,6
1 Mbps por Carrier en USD			74,5

10.2.2. Análisis de costos con IXP

Considerar la participación en el IXP de CABASE conlleva una serie de gastos que se deben tener en cuenta. Estos gastos se pueden ver en la **tabla 10.6** para el primer año y en la **tabla 10.7** los del segundo año. En el primer año de participación por parte de LACNIC se debe dar de alta al ASN y a un bloque de direcciones IP. Por parte de CABASE se debe hacerse socio en caso de no serlo para ello se debe pagar la matrícula inicial y la cuota societaria que tiene carácter anual.

CAPITULO 10: Análisis económico de un IXP**Tabla 10.6 - Costos fijos 1er año**

Concepto	Anual en USD	Mensual en USD
Aporte inicial al IXP	USD 1000	
Fondo de contingencia de IXP	USD 500	
Alta de ASN	USD 1000	
Bloque de direcciones IPv4	USD 2500	
Matricula inicial CABASE	USD 127,94	
Cuota societaria CABASE	USD 923,07	
Total	USD 6051,01	USD 504,25

Tabla 10.7 - Costos fijos 2do año

Concepto	Anual en USD	Mensual en USD
Expensas 2018	USD 769,23	
Cuota de renovacion del bloque IP	USD 600	
Cuota societaria CABASE	USD 1144,31	
Total	USD 2513,54	USD 209,46

Ahora a partir de estos costos fijos de participación hay que agregar los costos de transporte hasta el IXP de ruteo central. Este transporte lo provee la empresa Telmex Argentina S.A a un precio de USD16+IVA. Lo cual teniendo en cuenta los costos fijos por la participación del IXP, el precio del Mbps de transporte y teniendo en cuenta que se contrata al IXP un servicio de 20 Mbps, el costo para cada Mbps se reflejado en la **tabla 10.8** para el 1er año y el 2do año.

Tabla 10.8 – Costo del Mbps por el IXP

Costo de tráfico para el Ministerio de Hacienda 1er Año - Por IXP			
Concepto	Transito Claro	Costos iniciales IXP	Total
20 Mbps por el IXP en USD	320,0	504,3	824,3
1 Mbps por el IXP en USD			41,2

Costo de tráfico para el Ministerio de Hacienda 2do Año - Por IXP			
Concepto	Transito Claro	Costos 2do año IXP	Total
20 Mbps por el IXP en USD	320,0	209,5	529,5
1 Mbps por el IXP en USD			26,5

10.2.3. Costos de tráfico nacional e internacional

El tráfico en una red puede tener diversos destinos, pero podemos diferenciarlos como tráfico nacional y tráfico internacional. El tráfico nacional es aquel que tiene como destino un contenido que se genera de forma local en el país y no es necesario un enlace internacional para acceder a él. El tráfico internacional se puede dividir en dos alternativas, el tráfico internacional alojado en cache local y el tráfico internacional. El tráfico internacional alojado en cache local es aquel que corresponde a un generador de contenidos internacional pero que está alojado de forma local en un cache. Y el tráfico internacional es el cual para acceder la única alternativa es por medio de un costoso enlace internacional.

$$\text{Trafico total} = \text{Trafico Nacional} + \text{Trafico Internacional}$$

El IXP proporciona acceso a los contenidos alojados en la red de CABASE, el resto de los contenidos internacionales deben ser obtenidos por medio de un proveedor que pueda acceder a dichos contenidos. Es por ello por lo que un interesado en participar del IXP tiene que tener en cuenta que debe seguir conectado en parte a un ISP que le provea tránsito internacional.

Inicialmente el tráfico total del Ministerio de Hacienda y Finanzas era enviado por Telecom a un precio de USD 60+IVA cada Mbps. En la actualidad, el análisis de tráfico del **capítulo 9** muestran que el 47% del tráfico es enviado por Telecom y el 53% por el IXP. Esto hará que el costo real del Mbps para el Ministerio de Hacienda sea represente por la formula siguiente:

$$\text{Costo Mbps} = (0.47 * \text{Trafico Telecom}) + (0.53 * \text{Trafico IXP})$$

Esto es posible ya que al reducir en un 53% el tráfico por Telecom se puede reducir su servicio de 20Mbps a 10Mbps. La **tabla 10.9** muestra el costo real del Mbps una vez incorporado el IXP como alternativa de conexión.

Tabla 10.9 – Costo del Mbps con IXP

Costo de tráfico para el Ministerio de Hacienda 1er Año					
Concepto	Por Telecom		Por IXP		Total
1 Mbps	47%	60,0	53%	41,2	50,04

Costo de tráfico para el Ministerio de Hacienda 2do Año					
Concepto	Por Telecom		Por IXP		Total
1 Mbps	47%	60,0	53%	26,5	42,2

Se puede ver que para el primer año se produce una reducción de USD 9,96 por cada Mbps y el segundo año se reducen USD 17,8. Esto llevado a las tarifas equivalentes a un servicio de 20 Mbps, contratado inicialmente a Telecom, se tendrá una reducción de las tarifas del 16% el primer año y el 29,06% el segundo año. La **tabla 10.10** muestra esta reducción.

Tabla 10.10 – Comparación de servicios.

Costo de tráfico para el Ministerio de Hacienda 1er Año			
Concepto	Telecom	Tel + IXP	Reducción
20 Mbps	1.190,59	1.000,85	16%

Costo de tráfico para el Ministerio de Hacienda 2do Año			
Concepto	Telecom	Tel + IXP	Reducción
20 Mbps	1.190,59	844,61	29,06%

Este ahorro es posible gracias a que CABASE cuenta con una gran variedad de contenidos alojados en cache en el IXP de ruteo central. Lo cual reduce la necesidad de buscar contenidos internacionales por medio de costosos enlaces internacionales.

10.3. Análisis para un ISP que consume 100 Mbps

Si bien el análisis anterior muestra una reducción de costos utilizando un híbrido entre un proveedor convencional y pertenecer al IXP, no es representativo para un ISP que esté interesado en participar del IXP. Esto se debe a que los costos impuestos por Telecom para el ministerio no son similares a los que ofrecen los Carrier a los ISP. Es por ello por lo que en este apartado se analizara el caso de un ISP que requiera 100 Mbps para poder prestar sus servicios.

10.3.1. Análisis de costos sin IXP

Un ISP para prestar sus servicios deberá contratar a un Carrier sus servicios de transporte. Este servicio de acuerdo con entrevistas a ISPs tiene un costo de USD25+IVA si se contratan 100Mbps. Si el ISP considera que su red utilizará direcciones IP privadas el costo del Mbps será ese. Ahora si bien esta alternativa es la más económica se vio que en el **apartado 3.6** que estas direcciones requieren un esfuerzo adicional en configuración y monitoreo para mantener operativa la red.

Ahora si el ISP considera que es necesario tener sus propios recursos de direccionamiento, el precio del Mbps será mayor debido a los gastos fijos propios de los recursos. La **tabla 10.11** muestra los costos fijos para el primer año y en la **tabla 10.12** para el segundo año. El alta de ASN se paga por única vez, es por ello que su valor es cero en el segundo año.

Tabla 10.11 - Costos fijos 1er año

Costos Fijos para un ISP (100Mbps) sin IXP - 1er Año		
Concepto	Anual en USD	Mensual en USD
Alta de ASN	USD 1000	
Bloque de direcciones IPv6	USD 2100	
Total	USD 3100	USD 258,33

Tabla 10.12 - Costos fijos 2do año

Costos Fijos para un ISP (100Mbps) sin IXP - 2do Año		
Concepto	Anual en USD	Mensual en USD
Alta de ASN	USD 0	
Bloque de direcciones IPv6	USD 2100	
Total	USD 2100	USD 175

Con lo cual el costo de cada Mbps teniendo en cuenta estos costos fijos si se adquieren recursos propios de direccionamiento se ve reflejado en la **tabla 10.13**.

Tabla 10.13 – Costo del Mbps con recursos de direccionamiento propios

Costo de trafico para ISP 1er Año sin IXP (100Mbps)			
Concepto	Trafico	Costos fijos	Total
100 Mbps por Carrier	2.500,0	258,3	2.758,3
1 Mbps por Carrier en USD			27,6

Costo de trafico para ISP 2do Año sin IXP (100Mbps)			
Concepto	Trafico	Costos fijos	Total
100 Mbps por Carrier en USD	2.500,0	175,0	2.675,0
1 Mbps por Carrier en USD			26,8

10.3.2. Análisis de costos por IXP

El participar del IXP conllevara una serie de gastos fijos adicionales, estos se ven reflejados en la **tabla 10.13** para el primer año y en la **tabla 10.14** para el segundo año.

Tabla 10.13 - Costos fijos 1er año

Primer año de participación del IXP para un ISP (100Mbps)		
Concepto	Anual en USD	Mensual en USD
Aporte inicial al IXP	USD 1000	
Fondo de contingencia de IXP	USD 500	
Alta de ASN	USD 1000	
Bloque de direcciones IPv6	USD 2100	
Matricula inicial CABASE	USD 127,94	
Cuota societaria CABASE	USD 692,3	
Total	USD 5420,24	USD 451,69

Tabla 10.14 - Costos fijos 2do año

Segundo año de participación del IXP para un ISP (100Mbps)		
Concepto	Anual en USD	Mensual en USD
Expensas 2018	USD 769,23	
Cuota de renovacion del bloque IP	USD 2100	
Cuota societaria CABASE	USD 692,3	
Total	USD 3561,53	USD 296,79

El precio del Mbps de transporte hacia el IXP de ruteo central provisto por Telmex Argentina S.A es de USD16+IVA. El costo del Mbps por el IXP se ve reflejado en la **tabla 10.15**

Tabla 10.15 – Costo del Mbps por el IXP

Costo de tráfico para ISP (100Mbps) 1er Año - Por IXP			
Concepto	Transito Claro	Costos iniciales IXP	Total
100 Mbps por el IXP en USD	1.600,0	451,7	2.051,7
1 Mbps por el IXP en USD			20,5

Costo de tráfico para ISP (100Mbps) 2do Año - Por IXP			
Concepto	Transito Claro	Costos 2do año IXP	Total
100 Mbps por el IXP en USD	1.600,0	296,8	1.896,8
1 Mbps por el IXP en USD			19,0

10.3.3. Costos de tráfico nacional e internacional

Al igual que para la red del ministerio el ISP tiene que contratar parte del tráfico por el IXP y el resto por medio del ISP proveedor de transito internacional. Un estudio realizado por CABASE (**ANEXO B**) indica que el 80% del tráfico tiene como destino Netflix, Facebook, YouTube y Google. Estos contenidos se encuentran alojados en el IXP de ruteo central, por lo tanto, el 80% del tráfico generado en una red de un ISP puede encontrarse en el IXP de ruteo central. Vimos en el análisis para el Ministerio de Hacienda que este porcentaje no se cumplía, pero se debe tener en cuenta que es una red laboral en donde los usuarios limitaran el uso de aplicaciones de streaming de video y Facebook.

Ahora si tenemos en cuenta que el 80% de los contenidos los podemos encontrar por CABASE, los precios de cada Mbps querían como están representados en la **tabla 10.16**

Tabla 10.16 – Costo del Mbps con IXP

Costo de tráfico para ISP (100Mbps) 1er Año					
Concepto	Por Carrier		Por IXP		Total
1 Mbps	20%	25,0	80%	20,5	21,41

Costo de tráfico para ISP (100Mbps) 2do Año					
Concepto	Por Carrier		Por IXP		Total
1 Mbps	20%	25,0	80%	19,0	20,2

Esto generara una reducción en los costos de transporte del 14% para el primer año y del 19,30% para el segundo año. Esto se ve representado en la **tabla 10.17**

CAPITULO 10: Análisis económico de un IXP**Tabla 10.17 – Comparación de servicios**

Costo de tráfico para ISP (100Mbps) 1er Año			
Concepto	Carrier	Carrier + IXP	Reducción
100 Mbps	2.500,00	2.141,35	14%

Costo de tráfico para ISP (100Mbps) 2do Año			
Concepto	Carrier	Carrier + IXP	Reducción
100 Mbps	2.500,00	2.017,44	19,30%

En el **apartado 10.5**, se verá el comportamiento de los Carrier frente a esta propuesta del IXP y el efecto sobre las tarifas que este tiene.

10.4. Análisis para un ISP que consume 500 Mbps

En este apartado se analiza el caso de un proveedor que consume 500Mbps. Es útil analizar un proveedor con estas características ya que para la ciudad de Salta es un ejemplo representativo.

10.4.1. Análisis de costos sin IXP

El precio ofrecido para este volumen es de USD20+IVA, y los costos fijos por recursos de direccionamiento propios se ve reflejado en la **tabla 10.18** para el primer año y en la **tabla 10.19** para el segundo año.

Tabla 10.18 – Costos fijos 1er año

Costos Fijos para un ISP (500Mbps) sin IXP - 1er Año		
Concepto	Anual en USD	Mensual en USD
Alta de ASN	USD 1000	
Bloque de direcciones IPv6	USD 2100	
Total	USD 3100	USD 258,33

Tabla 10.19 – Costos fijos 2do año

Costos Fijos para un ISP (500Mbps) sin IXP - 2do Año		
Concepto	Anual en USD	Mensual en USD
Alta de ASN	USD 0	
Bloque de direcciones IPv6	USD 2100	
Total	USD 2100	USD 175

Con lo cual el costo de cada Mbps teniendo en cuenta estos costos fijos si se adquieren recursos propios de direccionamiento se ve reflejado en la **tabla 10.20**.

Tabla 10.20 – Costo del Mbps con recursos de direccionamiento propios

Costo de trafico para ISP (500Mbps) 1er Año sin IXP			
Concepto	Trafico	Costos fijos	Total
500 Mbps por Carrier en USD	10.000,0	258,3	10.258,3
1 Mbps por Carrier en USD			20,5

Costo de trafico para ISP (500Mbps) 2do Año sin IXP			
Concepto	Trafico	Costos fijos	Total
500 Mbps por Carrier en USD	10.000,0	175,0	10.175,0
1 Mbps por Carrier en USD			20,4

10.4.2. Análisis de costos por IXP

Los gastos fijos por participar del IXP se ven reflejados en la **tabla 10.21** para el primer año y en la **tabla 10.22** para el segundo año.

Tabla 10.21 – Costos fijos 1er año

Primer año de participación del IXP para un ISP (500Mbps)		
Concepto	Anual en USD	Mensual en USD
Aporte inicial al IXP	USD 1000	
Fondo de contingencia de IXP	USD 500	
Alta de ASN	USD 1000	
Bloque de direcciones IPv6	USD 5700	
Matricula inicial CABASE	USD 127,94	
Cuota societaria CABASE	USD 692,3	
Total	USD 9020,24	USD 751,69

Tabla 10.22 – Costos fijos 2do año

Segundo año de participación del IXP para un ISP (500Mbps)		
Concepto	Anual en USD	Mensual en USD
Expensas 2018	USD 769,23	
Cuota de renovacion del bloque IP	USD 5700	
Cuota societaria CABASE	USD 692,3	
Total	USD 7161,53	USD 596,79

Con lo cual el costo del Mbps por el IXP es de USD 17,5+IVA para el primer año y de USD 17,2+IVA para el segundo año. Esto se ve reflejado en la **tabla 10.23**.

CAPITULO 10: Análisis económico de un IXP**Tabla 10.23 – Costo del Mbps por el IXP**

Costo de tráfico para ISP (500Mbps) 1er Año - Por IXP			
Concepto	Transito Claro	Costos iniciales IXP	Total
500 Mbps por el IXP en USD	8.000,0	751,7	8.751,7
1 Mbps por el IXP en USD			17,5

Costo de tráfico para ISP (500Mbps) 2do Año - Por IXP			
Concepto	Transito Claro	Costos 2do año IXP	Total
500 Mbps por el IXP en USD	8.000,0	596,8	8.596,8
1 Mbps por el IXP en USD			17,2

10.4.3. Costos de tráfico nacional e internacional

Ahora si tenemos en cuenta que el 80% de los contenidos los podemos encontrar por CABASE, los precios de cada Mbps quedarían como están representados en la tabla 10.16

Tabla 10.24 – Costo del Mbps con IXP

Costo de tráfico para ISP (500Mbps) 1er Año					
Concepto	Por Carrier		Por IXP		Total
1 Mbps	20%	20,0	80%	17,5	18,00

Costo de tráfico para ISP (500Mbps) 2do Año					
Concepto	Por Carrier		Por IXP		Total
1 Mbps	20%	20,0	80%	17,2	17,8

Esto generará una reducción en los costos de transporte del 10% para el primer año y del 11,23% para el segundo año. Esto se ve representado en la **tabla 10.25**. Esto se traduce en un ahorro de USD 11,983 el primer año y USD 13,470 el segundo año.

Tabla 10.25 – Comparación de servicios

Costo de tráfico para ISP (500Mbps) 1er Año			
Concepto	Carrier	Carrier + IXP	Reducción
500 Mbps	10.000,00	9.001,35	10%

Costo de tráfico para ISP (500Mbps) 2do Año			
Concepto	Carrier	Carrier + IXP	Reducción
500 Mbps	10.000,00	8.877,44	11,23%

10.5. Impacto económico del despliegue de un IXP

El impacto económico que tiene el despliegue de un IXP puede ser analizado desde dos puntos de vista. Uno de ellos es el impacto que tiene la conformación de un IXP sobre los costos de tránsito y el segundo punto de vista es como impacta la reducción de los costos de tránsito sobre las tarifas de banda ancha.

10.5.1. Impacto en la reducción de costos de tránsito.

Si bien ya se vio que la alternativa del IXP ofrece una posibilidad de ahorro para los ISP, los Carrier proveedores de tráfico internacional van a actuar para no perder sus clientes. Los Carrier ofrecerán mejores ofertas que si se lleva a la ecuación de costos, hará que el ahorro posible sea menor y en algunos casos hasta sea conveniente tener una única conexión por el Carrier. Esta reducción por parte de los proveedores de tránsito es uno de los principales efectos que tiene la aparición de un IXP en la región.

La existencia del IXP permite que se incorporen cache de forma local. Resulta interesante analizar el caso de GGC (Google Global Cache) cuando el tráfico hacia dicho cache llega a 1 Gbps. Cuando es este el caso se considera incorporar un cache GGC en el IXP. Esto significa que todo el tráfico dirigido hacia GGC se obtiene de forma local, en otras palabras, a un costo 0.

CABASE de acuerdo con mediciones echas en su IXP de ruteo central, compartida con los participantes de los IXP regionales, muestra que del total del tráfico el 38% va dirigido hacia GGC. Este 38% es representativo para usuarios domésticos, pero en el caso del Ministerio de Hacienda y Finanzas de Salta el 68% del tráfico va hacia GGC. Esta notable diferencia se debe a que el ministerio es una red laboral en donde el tráfico de los usuarios se orienta a sus actividades y no a aplicaciones de video. Actualmente el IXP Salta no llega al volumen necesario para que GGC considere incorporar un cache local, pero es representativo ver el impacto que tendría la aparición de este cache. Para ello se debe replantear la ecuación del costo del Mbps de la siguiente forma:

$$\text{Costo Mbps} = (\text{Trafico Internacional}) + (\text{Trafico IXP})$$

En donde:

$$\text{Trafico IXP} = \text{Trafico a Ruteo central} + \text{Trafico a GGC}$$

Entonces:

$$\text{Costo Mbps} = T. \text{Inter.} + T. \text{Rut. Central} + T. \text{GGC}$$

En donde el tráfico hacia GGC tiene costo 0. la **tabla 10.26** puede apreciarse los costos del Mbps sin GGC y la **tabla 10.27** muestra el impacto que tiene el cache GGC alojado de forma local.

Tabla 10.26 - Costos del Mbps sin GGC

Costo de Tráfico sin GGC local		
Red	1er año	2do año
Ministerio de Hacienda y Finanzas	50,04	42,2
ISP (100Mbps)	21,41	20,2
ISP (500Mbps)	18	17,8

Tabla 10.27 - Costos del Mbps con GGC

Costo de Tráfico con GGC local		
Red	1er año	2do año
Ministerio de Hacienda y Finanzas	35,19	32,69
ISP (100Mbps)	15,17	14,42
ISP (500Mbps)	12,68	12,53

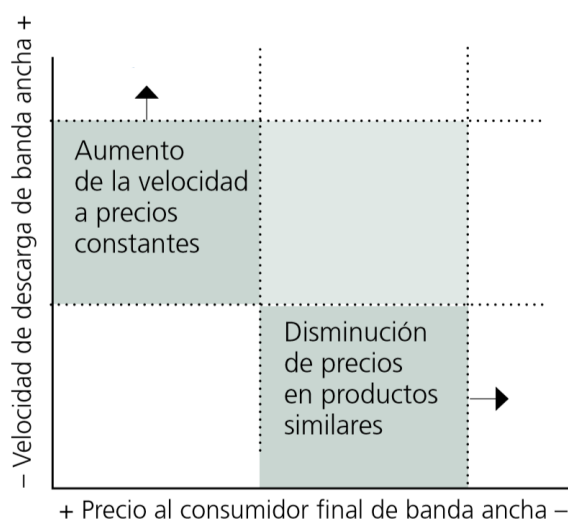
Consultar **ANEXO C** para los cálculos relacionados a la **tabla 10.26** y **tabla 10.27**

Se puede apreciar la notable reducción de los costos del Mbps, el cual para un proveedor convencional empieza a tornarse difícil igualar. En el **apartado 10.5.2** se verá el impacto de esta reducción de costos en el tránsito.

10.5.2. Impacto en la reducción de costos de tránsito en las tarifas de banda ancha

Para un proveedor poder reducir sus costos de tránsito le genera un excedente, este puede ser utilizado en contratar más AB y poder mejorar su servicio manteniendo el precio de sus servicios. La otra alternativa para este excedente si se la transfiere a los precios de la banda ancha es poder reducir los precios de los servicios y mantener la calidad de servicio. El **gráfico 10.1** muestra estas dos alternativas.

Gráfico 10.1 – Comportamiento del ISP frente a la reducción de costo en el tránsito.



11. Políticas públicas y marco regulatorio en Argentina

En este capítulo se analizarán las diferentes posturas que toma Argentina frente a las políticas que pudieran intervenir en la creación y crecimiento de un IXP. Si bien en el análisis a nivel internacional hecho en el **capítulo 6**, se distinguen una serie de alternativas, Argentina tiene tres posturas definidas para estas cuestiones. Estas se desarrollan a continuación:

11.1. Postura del Estado frente a la competencia en servicios de telecomunicaciones

Argentina es un país en donde se adopta un régimen jurídico de la desregularización y de la desmonopolización. Que este régimen, se sustenta en los principios que gobiernan la libertad de comercio, el libre acceso al mercado, la fluida y libre circulación de toda información útil, la ausencia de intervenciones que lo distorsionen y la exclusión del ordenamiento jurídico de toda disposición que favorezca los monopolios y/o privilegios. Esto es establecido por el decreto 764/2000 concordante con la política privatizadora del Decreto N° 2284/91, ratificado por la Ley N° 24307.

La Constitución Nacional en su artículo 42 establece expresamente que el deber de las autoridades es proveer la defensa de la competencia contra toda forma de distorsión de los mercados, al control de monopolios naturales y legales, y a la calidad y eficiencia de los servicios públicos.

Conforme a la postura que toma Argentina, en la ley N° 25000 asume el compromiso de abrir a la competencia de los servicios de telecomunicaciones sin ningún tipo de restricción. Con ello el ordenamiento jurídico de las telecomunicaciones se encuentra sometido al cumplimiento estricto de cláusulas constitucionales, de tratados internacionales y de normas legales, tendientes a garantizar los derechos de opción de los usuarios y a establecer definitivamente la competencia, evitando toda forma de distorsión de los mercados.

Con esto se puede ver que el marco regulatorio del sector, conjugado con los principios constitucionales, requiere que se adopte una regulación exenta de todo privilegio, que garantice la igualdad y la libertad de comercio y de industria en el mercado de las telecomunicaciones, sin barreras a la incorporación de nuevos operadores, ni obstáculos a la dinámica de servicios e incorporación de nuevas tecnologías. La experiencia indica que en los mercados donde imperan reglas competitivas, se logra reducción de costos y multiplicación de servicios de telecomunicaciones, posibilitando el crecimiento del conjunto de las actividades económicas del país.

Como último punto con relación al régimen de licencias, en un mercado liberalizado, este debe ser lo suficiente flexible como para facilitar la entrada de prestadores competitivos de servicios de telecomunicaciones, de manera que garantice una competencia efectiva. La apertura a la competencia debe traducirse en una amplia oferta de servicios disponibles para los consumidores, aumento de la productividad por el mayor acceso a la información y a la tecnología y fomento del desarrollo económico, en beneficio de la comunidad en general.

11.2. Postura del Estado frente a la interconexión de redes

En lo que respecta a la interconexión de redes el Decreto N° 764/2000, establece mediante el artículo 2°, que aprueba el Reglamento General de Interconexión (su versión más actualizada), por el cual se introdujeron disposiciones, pautas y principios de interconexión. La determinación de un marco jurídico para la interconexión debe evitar abusos de posiciones dominantes o barreras de entrada que distorsionan el mercado, permitiendo así la efectiva incorporación de nuevos prestadores y la diversificación de la oferta de servicios de buena calidad, a precios accesibles, en beneficio de los usuarios. En el proceso de apertura del sector a la competencia, resulta imprescindible establecer un marco que otorgue a los prestadores de servicios de telecomunicaciones, la posibilidad de concretar acuerdos de interconexión a precios razonables y en condiciones transparentes y no discriminatorias que garanticen la libre elección del usuario.

En el Cuarto Protocolo Anexo al Acuerdo General Sobre el Comercio de Servicios (AGCS) que opera en el marco institucional de la O.M.C⁹⁷, Nuestro país asumió una serie de compromisos específicos aplicables al sector de telecomunicaciones de los cuales se desprenden principios y definiciones relativos a la prevención de prácticas anticompetitivas; transparencia; acceso y utilización de las redes y servicios públicos en condiciones razonables y no discriminatorias; obligación de acceso y puesta a disposición de la información técnica y comercial pertinente.

Este RNI tiene como objetivo asegurar una competencia efectiva en el mercado. La regulación para la competencia debe prever la imposición de obligaciones positivas a aquellos operadores que, por su condición de dominantes o con poder significativo, se encuentra en una posición de ventaja competitiva, respecto de sus competidores. Esta regulación en materia de interconexión está dirigida a permitir la competencia leal, pese a las diferencias que existan, en cuanto a ventajas de infraestructura, de penetración comercial y de participación en el mercado, técnicas, financieras y de otro orden, entre los operadores dominantes, los con poder significativo y los prestadores más pequeños, para los cuales las facilidades de aquellos son esenciales para el desarrollo de su servicio.

La experiencia mundial ha demostrado que cuando crece la competencia se genera un ambiente en donde los precios tienden a bajar, la calidad del servicio aumenta, la penetración del servicio aumenta y con ello la inclusión social. Este último punto es de vital interés para el Estado, que busca la inclusión social y tecnológica en todos sus habitantes.

11.2.1. Reglamento Nacional de Interconexión (RNI), Decreto N° 764/2000

El objeto del Reglamento Nacional de Interconexión (RNI) es establecer:

- Los principios y normas reglamentarias que regirán los Convenios de Interconexión entre los distintos Prestadores.

⁹⁷ O.M.C – Organización Mundial de Comercio

- En particular, las normas que rigen el derecho de solicitar y la obligación de conceder la interconexión, así como su modificación en el tiempo.

Este Reglamento comprende los mecanismos económicos, técnicos y jurídicos en base a los cuales los prestadores concretan los acuerdos de interconexión, para proporcionar a sus clientes y/o usuarios acceso a servicios y clientes y/o usuarios de otros Prestadores.

La Interconexión se registrará en general por los principios, procedimientos y disposiciones de este Reglamento y en particular por los Convenios de Interconexión celebrados por las partes, los que no podrán contener términos y condiciones discriminatorias o que se opongan a este reglamento.

11.3. Postura del Estado frente a la inclusión digital

El Decreto N° 764/2000 en su artículo 3° aprueba el Reglamento General de Servicio Universal, este establece que el propósito del Servicio Universal es lograr que aquella parte de la población que no podría recibir los servicios esenciales de telecomunicaciones en condiciones normales del mercado tenga acceso a ellos. <http://www.enacom.gob.ar/su>

Esto puede darse por medio del avance tecnológico, estos avances pueden posibilitar la conversión del cliente rural de un área remota, en uno rentable, mediante la selección de la tecnología adecuada. Esto se da gracias a estímulos del Estado.

Quizás al momento de la inversión los clientes no sean rentables para los prestadores, pero estos generan beneficios relacionados con las externalidades de red, así como la posibilidad de que dichos clientes cambien su condición mejorando sus posibilidades de acceso a la red.

El Reglamento General de Servicio Universal establece que es necesario desarrollar todas las acciones tendientes a asegurar que la prestación del Servicio Universal se desarrolle con la apertura del sector, así como determinar su alcance y los costos asociados a su prestación y financiamiento. Como así también que resulta conveniente asegurar el acceso de los habitantes de la Nación a los servicios esenciales de telecomunicaciones, sin importar sus circunstancias económicas, localización geográfica o limitaciones físicas.

El concepto de servicio universal, la experiencia internacional demuestra que la prestación de este servicio ha comenzado a comprender servicios de mayor complejidad, abarcando en algunos casos servicios de acceso a internet.

11.3.1. Ley Argentina Digital, Ley N° 27078

La ley Argentina Digital tiene como finalidad garantizar el derecho humano a las comunicaciones y a las telecomunicaciones, reconocer a las Tecnologías de la Información y las comunicaciones (TIC) como un factor preponderante en la independencia tecnológica y productiva de nuestra Nación, promover el rol del Estado como planificador, incentivando la función social que dichas tecnologías poseen, como así también la competencia y la generación de empleo mediante el establecimiento de pautas claras y transparentes que favorezcan el desarrollo

sustentable del sector, procurando la accesibilidad y asequibilidad de las tecnologías de la información y las comunicaciones para el pueblo.

Asimismo, busca establecer con claridad la distinción entre los mercados de generación de contenidos y de transporte y distribución de manera que la influencia en uno de esos mercados no genere prácticas que impliquen distorsiones en el otro.

En la ejecución de esta ley se garantizará el desarrollo de las economías regionales, procurando el fortalecimiento de los actores locales exigentes, tales como cooperativas, entidades sin fines de lucro y pymes, propendiendo a la generación de nuevos actores que en forma individual o colectiva garanticen la prestación de los Servicios de TIC.

12. Conclusiones

El presente trabajo nos condujo a través del entorno en el que convive un IXP. Partiendo desde los ISP hasta las CDN para luego abordar propiamente el funcionamiento de un IXP. Se hizo además un análisis de tráfico para tener de forma estimada los volúmenes que se manejan en cada provincia y poder a partir de ello analizar las propuestas técnicas que se adaptan a las necesidades de la región. Las propuestas técnicas, como así también la perspectiva organizativa de los IXP, que se vieron en este trabajo son las mejores prácticas propuestas por el CAF, las cuales CABASE adopta para los puntos pertenecientes a su red.

Se analizó posteriormente la propuesta de interconexión existente en la ciudad de Salta desde un punto de vista económico. Allí se plantearon tres escenarios posibles para la participación del IXP que son el análisis para una red de usuarios finales como es la del Ministerio de Hacienda y Finanzas, un ISP que requiere 100 Mbps y un ISP que requiere 500 Mbps. La elección de estos escenarios se fundamenta en que representan a los posibles interesados de Salta en participar del punto de intercambio. A partir de ello se pudo ver que el IXP representa una alternativa competitiva a los precios impuestos por los proveedores de tránsito internacional. Se vio además la postura de los ISP de tránsito frente a la alternativa propuesta por el IXP y el efecto que este provoca sobre las tarifas de AB. Se vio además que existe un punto de inflexión y es cuando se alcanza un volumen de 1Gbps hacia el GGC. A partir de este punto las tarifas por cada Mbps se ven notablemente reducidas.

Con lo anteriormente mencionado podemos concluir que si bien el IXP Salta, perteneciente a CABASE, se encuentra en una fase inicial en donde hasta el momento no cuenta con un gran volumen de tráfico. Pero representa una alternativa para los ISP locales de adquirir el tráfico internacional necesario para poder prestar sus servicios. Esta alternativa cuenta con una tarifa competitiva frente a los proveedores de tránsito con presencia en Salta. Ahora bien, el IXP necesita incorporar más tráfico para poder explotar al máximo su potencial y para ello necesita de la participación de ISP que puedan aportarle este volumen de tráfico. Una vez llegado el volumen de tráfico necesario para que GGC considere colocar su cache de forma local en el IXP Salta, las tarifas del Mbps se verá considerablemente reducidas, lo cual implicará un ahorro considerable para los participantes.

Ahora viéndolo desde una perspectiva diferente, para un ISP local llevar su tráfico por medio del IXP significaría que dejara de depender de un ISP mayor. Esta independencia de un proveedor se traduce en eliminar las barreras impuestas por el mismo, como son las limitaciones de AB y los precios elevados del Mbps. Si bien el ISP proveedor de tránsito deberá tomar dediciones que lo mantengan competitivo frente a esta nueva alternativa de transporte, para el pequeño y mediano proveedor poder independizarse de un proveedor mayor es una alternativa atractiva.

Por último, se analizó marco regulatorio vigente en Argentina el cual toma una postura favorable para los puntos de interconexión. El marco regulatorio muestra que existe una alternativa a la negativa de un ISP grande de participar del IXP. Para el estado considerar esta alternativa de imponer la participación de un ISP grande se fundamenta en que el ambiente colaborativo en el punto tiene un efecto directo sobre las tarifas de banda ancha, lo cual lo vuelve un servicio más accesible para la población. Es una medida para mantener controlados los precios impuestos por los grandes proveedores y poder impulsar las pequeñas y medianas empresas.

13. Bibliografía

- [1] RFC5416, R. (2009).
- [2] CABASE. (2017). www.cabase.org.ar. Obtenido de CABASE: <https://www.cabase.org.ar/wp-content/uploads/2017/09/CABASE-Internet-Index-II-Semestre-2017.pdf>
- [3] Akamai. (27 de 12 de 2017). Akamai. Obtenido de <https://www.akamai.com/uk/en/products/network-operator/licensed-cdn-solutions.jsp>
- [4] Cicileo, G. (03 de Mayo de 2018). IXP - Puntos de intercambio de tráfico - LACNIC. *IXP - Puntos de intercambio de tráfico*.
- [5] Codeen. (17 de 12 de 2017). Obtenido de <http://codeen.cs.princeton.edu/>
- [6] Comision de Regulaciones de comunicaciones. (2015). *Condiciones de cambio eficiente del tráfico de internet*. Colombia: coor. relaciones internacionales y comunicaciones.
- [7] Delgado Tenorio, M. (09 de 11 de 2010). *que es una content delivery network (CDN)*. Obtenido de <https://manueldelgado.com/que-es-una-content-delivery-network-cdn/>
- [8] Galperin, D. H. (2013). *La Conectividad en América Latina y el Caribe: El rol de los puntos de Intercambio de Tráfico*. San Andres, Argentina.
- [9] Galvez Huerta, S. D. (2016). *DISEÑO DE UN NODO CON TECNOLOGÍA CLOUD-ORIENTED CONTENT DELIVERY NETWORK, UTILIZANDO LA INTEGRACIÓN CON MODELOS DE SERVICIO DE CLOUD COMPUTING, PARA EL DATACENTER DE UN PROVEEDOR DE SERVICIOS DE CONTENIDO*". trabajo de tesis de magister en redes de comunicaciones, Quito.
- [10] Highwinds. (17 de 12 de 2017). Obtenido de <https://www.highwinds.com/>
- [11] <http://redestelematicas.com/arquitectura-de-internet/>, m. (24 de 09 de 2012). Obtenido de <http://redestelematicas.com/arquitectura-de-internet/>
- [12] <http://www.lacnic.net/546/1/lacnic/3-distribucion-de-numeros-de-sistema-autonomo-asn>. (s.f.). <http://www.lacnic.net/546/1/lacnic/3-distribucion-de-numeros-de-sistema-autonomo-asn>.
- [13] https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Metcalf. (10 de 06 de 2018). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Metcalf
- [14] <https://www.lacnic.net/545/1/lacnic/2-direcciones-ipv4>. (s.f.). <https://www.lacnic.net/545/1/lacnic/2-direcciones-ipv4>.
- [15] ITU. (2013). *Estudio de la conectividad internacional de internet en america latina y el caribe*.
- [16] Lab, P. (12 de 2017). Obtenido de <https://www.planet-lab.org/>
- [17] Lacnic. (17 de 12 de 2017). Obtenido de <http://www.lacnic.net/544/1/lacnic/>

Bibliografía

-
- [18] **Latina, B. d. (2014).** *Expansion de infraestructura regional para la interconexion de tráfico en america latina* . ISBN: 978-980-7644-21-1.
 - [19] **Limelight. (17 de 12 de 2017).** Obtenido de <https://www.limelight.com/>
 - [20] **Maturana, J. (06 de 06 de 2012).** *ventajas de ipv6 frente a ipv4* . Obtenido de • <https://www.muycomputer.com/2012/06/06/ventajas-de-ipv6-frente-a-ipv4-aparte-del-ingente-numero-de-direcciones-web/>
 - [21] **Mockapetris, P. (1987).** *Domain names - Concepts and facilities RFC1034.*
 - [22] **Mockapétris, P. (1987).** *Domain names - Implementation and specification RFC1035.*
 - [23] **Pathan. (2014).** Obtenido de <https://www.business.att.com/solutions/Family/cloud/content-delivery-network/>
 - [24] **Perez, S. D. (2014).** *Diseño y comparativa de redes HFC y FTTH.* Sevilla.
 - [25] RFC5416. (2009).
 - [26] **Tanenbaum, A. S. (1981).** *Redes de computadoras.* Estados Unidos: Pearson.
 - [27] **Togo, A. (26 de 03 de 2017).** Obtenido de • <https://interpolados.wordpress.com/2017/03/26/necesidad-de-utilizar-ipv6/>
 - [28] **Tomlinson, G., & Rzewski, P. (02 de 2003).** rfc3466. Obtenido de <https://tools.ietf.org/html/rfc3466>
 - [29] **Vaca, O. M. (2015).** *Analisis de redes de distribucion de contenidos multimedias sobre LTE mediante escenarios virtuales.* Tesis fin de Master, Madrid.