



**Revisar el estado actual de la infraestructura para el despliegue del servicio de Internet
en Ecuador y Sudamérica.**

Esquivel Ati, Kevin Daniel

Departamento de Eléctrica Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Telecomunicaciones

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero
en Telecomunicaciones

Ing. Triviño Cepeda, Roberto Daniel.

05 de enero del 2026



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

MIC_Daniel Esquivel (2)

8%
Textos sospechosos

1% Similitudes
0% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas
4% Idiomas no reconocidos (ignorado)
7% Textos potencialmente generados por la IA

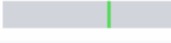
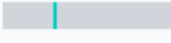
Nombre del documento: MIC_Daniel Esquivel (2).pdf
ID del documento: 41360bea0fa42187d36d7db432b9c30fa7eba638
Tamaño del documento original: 1,26 MB

Depositante: ROBERTO DANIEL TRIVIÑO CEPEDA
Fecha de depósito: 3/3/2026
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 3/3/2026

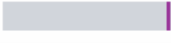
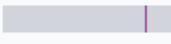
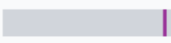
Número de palabras: 27.384
Número de caracteres: 187.212

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 www.internetsociety.org Quién lo hace funcionar: El ecosistema de Internet - L... https://www.internetsociety.org/es/internet/who-makes-it-work	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (65 palabras)
2	 www.timetoast.com HISTORIA ARPANET timeline Timetoast Timelines https://www.timetoast.com/timelines/historia-arpanet	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (42 palabras)
3	 papers.ssrn.com Evaluación Del Impacto Económico De Las Telecomunicacione... https://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm/558RN_D02877570_code2263321.pdf?abstractid=28... 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 doi.org Tecnologías de Internet (de Arpanet a la 3G) https://doi.org/10.20932/barataria.v0i5.256	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
2	 www.conecta-latam.com Inversión Infraestructura Telecom América Latina: ¿D... https://www.conecta-latam.com/post/inversion-infraestructura-telecom-america-latina	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (15 palabras)
3	 repositorio.cepal.org https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/fd7acab3-009e-4156-9362-0fd75bea...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (15 palabras)
4	 www.itsitio.com Resiliencia y crecimiento del mercado IT en Latinoamérica https://www.itsitio.com/distribucion/la-resiliencia-impulsa-el-crecimiento-del	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)
5	 uk.wikipedia.org Atlantic Telegraph Company - Wikipedia https://uk.wikipedia.org/wiki/Atlantic_Telegraph_Company	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	 https://www.cepal.org/es/temas/banda-ancha-regional
2	 https://www.anatel.gov.br
3	 https://www.telesemana.com/blog/2025/08/14/mundo-de-chile
4	 https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https://www.arctotel
5	 https://www.arsat.com.ar/acerca-de-arsat/transparencia-activa/solicitud-de-acceso-a-la-informacion-publica/

Ing. Triviño Cepeda. Roberto Daniel

Director

Código de documento: BIBL-FOR-2025-V1-004
Código de proceso: GCAG-GBIB-3

Rev. UPDI: 2025-ene-19



Departamento de Eléctrica Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Telecomunicaciones

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Revisar el estado actual de la infraestructura para el despliegue del servicio de Internet en Ecuador y Sudamérica.”** fue realizado por el señor **Esquivel Ati, Kevin Daniel**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 09/03/2026

Ing. Triviño Cepeda. Roberto Daniel

Director

C.C: 1712197522



Departamento de Eléctrica Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Telecomunicaciones

Responsabilidad de Autoría

Yo **Esquivel Ati, Kevin Daniel**, con cédula de ciudadanía No. 1726924572 declaro que el contenido, ideas y criterio del trabajo de Integración curricular: **Revisar el estado actual de la infraestructura para el despliegue del servicio de Internet en Ecuador y Sudamérica** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo los requisitos legales, teóricos, científicos, técnico y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 09/03/2026

Esquivel Ati, Kevin Daniel

C.C: 1726924572



Departamento de Eléctrica Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Telecomunicaciones

Autorización de Publicación

Yo **Esquivel Ati, Kevin Daniel**, con cédula de ciudadanía No. 1726924572 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Revisar el estado actual de la infraestructura para el despliegue del servicio de Internet en Ecuador y Sudamérica** en el repositorio institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 09/03/2026

Esquivel Ati, Kevin Daniel

C.C: 1726924572

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a toda mi familia, por ser el motor que a diario me impulsa, por su incondicionalidad para ayudarme y estar pendiente de mi bienestar.

A mi madre, por la paciencia que ha tenido conmigo a lo largo de este trabajo y siempre, por repetirme a diario que el éxito es proporcional a cuan bueno sea haciendo las cosas, por ser mi mejor ejemplo para seguir.

A mis abuelitos maternos, a quienes también considero mis padres, por llamar cada mañana después de la entrega de un avance para preguntarme cómo me fue y recordarme siempre que todo se puede.

A mis primos y amigos, por hacerme mucho más llevadero el tiempo en el que cursé la universidad.

Finalmente, a mi padre, para que se enorgullezca porque estoy a punto de graduarme.

Agradecimientos

Agradezco al Ingeniero Daniel Triviño Cepeda, por la infinita paciencia que ha tenido conmigo a lo largo de este trabajo como tutor, por revisarlo incontables veces y ser tan minucioso en las observaciones, por brindarme retroalimentaciones concretas y reiteradas cada vez que lo requería, por ser cordial y un buen amigo. Así mismo, por sacrificar tiempo fuera de su trabajo para revisar el documento que le enviaba, muchas gracias.

Agradezco a mis primos, quienes en conversaciones cotidianas me brindaban opiniones sobre mi trabajo, me motivaban y me decían “vamos por un helado” para liberarme de la presión que en ese momento tenía.

A mi mamá, por ser como es, por estar pendiente de mí a cada momento, si duermo, si como bien o necesito algo.

Finalmente, agradezco a mis amigos de la carrera por hacer más llevadero el tiempo en la Universidad, por cada ocurrencia, risa y palabra de motivación que caía como anillo después de un examen.

Índice de Contenido

Dedicatoria.....	6
Agradecimientos	7
Índice de Tablas.....	11
Índice de Figuras	12
Resumen	14
Abstract.....	15
Capítulo I: Justificación y Alcance	16
Introducción.....	16
Justificación e Implementación	19
Alcance	22
Objetivos	23
<i>Objetivo General</i>	23
<i>Objetivos específicos</i>	23
Capítulo II: Infraestructura de Telecomunicaciones.....	24
Infraestructura de telecomunicaciones	24
<i>Infraestructura de Comunicaciones</i>	24
<i>Infraestructura Tecnológica</i>	25
<i>Avances Técnicos a las tecnologías de Comunicación</i>	26
Redes de computadoras	27
Protocolos de Comunicación	29
<i>Protocolo de Internet (IP)</i>	29
<i>Protocolo de Control de Transmisión (TCP)</i>	29
<i>Protocolo de Datagramas de Usuario (UDP)</i>	29
<i>TCP/IP</i>	29
Enrutamiento	32
<i>Information Protocol (RIP)</i>	33
<i>Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)</i>	33
La Red de Redes: Internet.....	33
Historia del Internet	34
<i>Internet en Sudamérica</i>	41
<i>El particular de Internet en Ecuador</i>	44
Red de Extremo a Extremo	45
Redes de Banda Ancha.....	47

<i>Infraestructura Distribuida de Red</i>	47
Tecnologías de Acceso	48
<i>Tecnologías de Acceso Fijo</i>	48
<i>Tecnologías de Acceso Inalámbrico</i>	50
Cables Submarinos, Puntos de Interconexión IXP, Redes de Distribución de Contenido CDN y centros de datos	51
<i>Centro de Datos</i>	52
Capítulo III: Actores Involucrados en el Servicio de Internet.....	55
Actores del Ecosistema de Internet	55
<i>Operadores y proveedores</i>	55
<i>Usuarios</i>	72
Políticas de Acceso a Internet y Despliegue de la Infraestructura Física	74
Capítulo IV: Análisis de Resultados	78
Indicadores de Cables Submarinos	78
<i>Capacidad de cables Submarinos</i>	78
<i>Ancho de Banda Internacional</i>	79
<i>Índice de Redundancia</i>	82
<i>Número de IXP</i>	83
Red de Transporte.....	86
<i>Densidad Demográfica de la red Troncal</i>	86
Proveedores de Servicio de Internet.....	87
<i>Números de Proveedores de Servicio de Internet</i>	87
Acceso	88
<i>Banda Ancha Fija</i>	88
<i>Banda Ancha Móvil</i>	90
Indicadores de Calidad de Servicio Banda Ancha Fija y Móvil (QoS)	93
<i>Downlink</i>	94
<i>Uplink</i>	95
<i>Latencia</i>	96
Asequibilidad	97
<i>Porcentaje de personas que usan Internet</i>	99
Indicadores de Inversión	102
<i>CAPEX de Inversión en Infraestructura de telecomunicaciones</i>	102
<i>Inversión para despliegue de FO</i>	103
<i>Porcentaje de Inversión para el despliegue de la FO</i>	104

CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones	107
Conclusiones	107
Recomendaciones.....	110
Referencias.....	111

Índice de Tablas

Tabla 1	Etapas De La Infraestructura De Telecomunicaciones -----	24
Tabla 2	Características De La Infraestructura De Telecomunicaciones -----	25
Tabla 3	Capas Del Modelo Tcp/Ip -----	30
Tabla 4	Comparación Entre Los Modelos Osi Y Tcp/Ip -----	30
Tabla 5	Hitos Importantes En La Evolución De Aplicaciones Sobre Internet -----	40
Tabla 6	Generaciones De Telefonía Móvil Celular -----	51
Tabla 7	Tipos De Centros De Datos.-----	52
Tabla 8	Cables Submarinos En Sudamérica.-----	58
Tabla 9	Cables Submarinos Con Puertos De Amarre En Ecuador -----	60
Tabla 10	Modelo De Arquitectura Internet-----	62
Tabla 11	Proveedores De Infraestructura Neutral -----	63
Tabla 12	Porcentaje De Cobertura Y Número De Suscriptores De Fo. -----	64
Tabla 13	Principales Puntos De Intercambio De Tráfico (Ixp) En Sudamérica. -----	64
Tabla 14	Puntos De Intercambio De Tráfico (Ixp) En Ecuador -----	65
Tabla 15	Principales Operadores De Red (Isps Y Móviles) En Países Seleccionados	66
Tabla 16	Principales Pacs (Por Tráfico) En América Latina En 2025. -----	69
Tabla 17	Principales Cdns América Latina -----	70
Tabla 18	Principales Actores De Centros De Datos En Países Seleccionados. -----	72
Tabla 19	Políticas De Acceso A Internet Y Despliegue De Infraestructura En Los Países De Análisis. -----	74
Tabla 20	Indicadores Del Estado De La Infraestructura Para El Servicio De Internet.	75

Índice de Figuras

Figura 1 Clasificación De Redes Por Tamaño	28
Figura 2 Clasificación De Redes Por Topología	28
Figura 3 Mapa Georreferenciado De Arpanet En 1980.....	36
Figura 4 Elementos Del Ecosistema De Internet	54
Figura 5 Elementos Del Ecosistema Del Internet.	55
Figura 6 Cables Submarinos En Sudamérica.	61
Figura 7 Puntos De Interconexión En Ecuador.....	65
Figura 8 Usuarios De Internet Móvil Por Prestador Al Iii Trimestre De 2025.....	68
Figura 9 Participación En El Mercado De Proveedores Públicos De Banda Ancha En Septiembre De 2025.	68
Figura 10 Distribución De Redes De Contenidos.	71
Figura 11 Capacidad De Cables Submarinos En [Tbps].....	78
Figura 12 Media De Ancho De Banda Internacional Usado (Tbps).....	79
Figura 13 Capacidad Iluminada Y Equipada De Ancho De Banda Internacional (Tbps).....	80
Figura 14 Porcentaje De Uso De Ancho De Banda Internacional	81
Figura 15 Redundancia De Cables Submarinos (2014-2025).....	82
Figura 16 Número De Ixp	83
Figura 17 Número De Centros De Datos.....	85
Figura 18 Densidad Demográfica De La Red Troncal (Km De Fo De La Red Troncal Por Cada 100 Habitantes).....	86
Figura 19 Número De Proveedores De Internet	87
Figura 20 Porcentaje De Hogares Con Cobertura De Banda Ancha Fija (Incluida Fo, Adsl, Etc)	88
Figura 21 Suscripciones De Ancho De Banda Fijo Por Cada 100 Hogares	89
Figura 22 Cobertura De La Red De Cuarta Generación 4g	90

Figura 23	Cobertura De Quinta Generación 5g	91
Figura 24	Suscripciones De Banda Ancha Móvil Por Cada 100 Habitantes	92
Figura 25		93
Figura 26	Downlink Banda Ancha Fija Y Móvil [Mbps].....	94
Figura 27	Uplink Banda Ancha Fija Y Móvil [Mbps]	95
Figura 28	Latencia Banda Ancha Fija Y Móvil [Ms]	96
Figura 29	Asequibilidad De La Canasta De Entrada 1gb (2014-2024)	97
Figura 30	Asequibilidad De La Canasta De Entrada 5gb (2014-2024)	98
Figura 31	Porcentaje De Personas Que Usan Internet.....	100
Figura 32	Porcentaje De Personas Que Usan Redes Sociales	101
Figura 33	Capex De Inversión En Infraestructura De Telecomunicaciones En Millones De Dólares (Usd).....	102
Figura 34	Inversión En Fo En Millones De Dólares (Usd).....	103
Figura 35	Porcentaje De Inversión En Fo Respecto Al Capex.....	105

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo realizar una revisión detallada de la evolución del despliegue de la infraestructura física para la prestación del servicio de Internet, a través de una investigación de tipo mixta en cuatro países de la región: Argentina, Brasil, Chile y con mayor énfasis Ecuador en el período 2014-2024, para encontrar los avances y disparidades técnicas que limitan el acceso, la capacidad y la calidad de servicio que los usuarios tienen en Internet. Para ello, se define el concepto de infraestructura, se hace una revisión de la historia de Internet y de las tecnologías asociadas al servicio de Internet. Así mismo, se definen conceptos claves como calidad de servicio que permiten evaluar el rendimiento de la infraestructura, Además, se analizan los actores involucrados dentro de ecosistema de Internet como: proveedores de infraestructura física, proveedores de aplicaciones y contenidos (PAC) y usuarios. También se mencionan políticas que promueven el acceso a Internet y el despliegue de la infraestructura física. Finalmente se hace un análisis descriptivo y comparativo de indicadores que muestran el estado actual de la infraestructura, desglosados en Indicadores de Cables Submarinos, red de transporte, proveedores de servicio de Internet, acceso, calidad de servicio, asequibilidad e inversión. Una vez analizados estos indicadores, se evidencia que existe una alta capacidad banda ancha internacional a través de cables submarinos, una alta densidad de fibra óptica (FO) en la red de transporte, una buena cobertura de banda ancha fija y móvil. Sin embargo, existe una brecha de conectividad provocada por la asequibilidad de planes de banda ancha móvil. Así mismo, una latencia elevada provocada por la saturación en tecnología de comunicación de cuarta generación 4G.

Palabras Clave: Infraestructura Física, Asequibilidad, Cobertura, Cables Submarinos.

Abstract

The objective of this research is to conduct a detailed review of the evolution of physical infrastructure deployment for Internet service provision. Employing a mixed-methods approach, the study focuses on four countries in the region—Argentina, Brazil, Chile, and, with particular emphasis, Ecuador—over the 2014–2024 period, to identify technical advancements and disparities limiting user access, capacity, and Quality of Service (QoS).

To this end, the concept of infrastructure is defined, followed by a review of the history of the Internet and the technologies associated with Internet service. Furthermore, key concepts such as Quality of Service are defined to evaluate infrastructure performance. Additionally, the actors involved within the Internet ecosystem are analyzed, including physical infrastructure providers, Content and Application Providers (CAPs), and users. Policies promoting Internet access and physical infrastructure deployment are also addressed.

Finally, a descriptive and comparative analysis is conducted on indicators reflecting the current state of the infrastructure, categorized into Submarine Cables, transport networks, Internet Service Providers (ISPs), access, Quality of Service, affordability, and investment. Upon analyzing these indicators, the evidence shows high international broadband capacity via submarine cables, high density of fiber optics (FO) in the transport network, and robust fixed and mobile broadband coverage. However, a connectivity gap persists, driven by the affordability of mobile broadband plans, as well as high latency resulting from saturation in fourth-generation (4G) communication technology.

Keywords: Physical Infrastructure, Affordability, Coverage, Submarine Cables.

Capítulo I

Justificación y Alcance

Introducción

El presente documento tiene el objetivo de realizar una revisión detallada de la evolución del despliegue de la infraestructura para brindar el servicio de Internet en Sudamérica, con un enfoque particular en Ecuador. En los últimos años, la región ha mostrado un crecimiento significativo en conectividad, esto impulsado por la necesidad de una integración digital, con el desarrollo de servicios digitales y el fortalecimiento de la economía del conocimiento. En este contexto, el estudio pretende identificar las principales características, el alcance y las limitaciones de tiene actualmente la infraestructura que permite el acceso a Internet, incluyendo tanto tecnologías tradicionales y emergentes.

Entra las tecnologías que se toman en cuenta para este estudio se encuentran las alámbricas y las inalámbricas, en específico redes de fibra óptica (FO), cables submarinos y otras infraestructuras, que en conjunto permiten la prestación de servicio en diferentes condiciones geográficas y socioeconómicas. Se estudian los actores principales para la prestación de servicio, elementos de las redes de acceso y transporte, destacando el nivel de cobertura, la inversión requerida, la compatibilidad con servicios avanzados (Internet de las cosas IoT, video bajo demanda, redes 5G), la capacidad que tienen y la inversión requerida.

Así mismo, se analiza el rol de los actores clave dentro del ecosistema de Internet. Dentro de estos actores, están los proveedores de Servicio a Internet (ISPs), los organismos reguladores, los operadores de infraestructura, el Estado, así como los usuarios finales que pertenecen a la sociedad civil, los proveedores de aplicaciones y contenido (PAC), que toman un papel cada vez más relevante en la eficiencia de las redes y la experiencia de los usuarios.

La investigación adoptará un enfoque metodológico mixto, combinando un análisis cualitativo de documentos normativos, planes estratégicos y estudios académicos, con un

enfoque cuantitativo que toma de referencia indicadores de bases de datos oficiales, a nivel nacional e internacional. Entre las fuentes consideradas se incluyen informes sectoriales, así como de entes regionales. Esta perspectiva, permite brindar una visión global del despliegue de redes de Internet en la región. Además, permite evaluar el desempeño relativo de Ecuador frente a otros países de la región en cuanto a infraestructura.

Finalmente, se establece una comparación crítica entre los niveles de desarrollo de infraestructura para el servicio de Internet entre países de la región. Con énfasis en la calidad y acceso al servicio. Permitiendo determinar fortalezas, debilidades y oportunidades a nivel político y técnico, que puedan ser útiles para referencia de futuras estrategias que pretendan impulsar el desarrollo de la conectividad en Ecuador y su adaptación en la sociedad digital.

En los últimos años, América Latina ha experimentado un crecimiento sostenido en los indicadores de penetración debido a la demanda de servicios en línea, el despliegue de redes de acceso, una oferta creciente de contenido digital que demandan una infraestructura capaz de abastecer el creciente tráfico de datos. Según Raúl Echeberría (2020), la penetración de Internet pasó del 50% al 70%, lo que supone un cambio en la estructura de tecnologías de acceso. En este contexto, se justifica analizar el estado de la infraestructura, el acceso y la capacidad de la red para suplir la necesidad de los usuarios.

El origen de Internet se remonta a los años 60 cuando el Departamento de Defensa de los Estados Unidos construye ARPANET, una red de conmutación de paquetes que para los años 80 se divide en ARPANET (academia) y MILNET (uso militar). En 1983, se crea el protocolo de Internet TCP/IP, para 1991 la información es indexada a través de hipervínculos con el World Wide Web, para 1994, Internet se comercializa y reemplaza las comunicaciones de telefonía fija tradicionales Naughton (2016).

Sudamérica, también experimenta avances en conectividad. A inicios de la década de 1980, Brasil y Chile implementaron sus primeras redes, estas eran académicas BITNET y UUCP respectivamente. Para 1991, Brasil estableció un hito regional al conectarse con Estados Unidos. En 1995, la web se populariza a través de navegación en portales, correos electrónicos. A partir de los 2000, el acceso a este servicio creció exponencialmente, pues, a medida que se expandía los costos se reducían. La implementación de tecnologías como ADSL permitían hacer uso de infraestructura ya existente que se usaba para telefonía fija. Paralelamente, los gobiernos impulsaron políticas públicas que facilitaban la inversión en infraestructura y servicios a través de agendas digitales. No obstante, los índices demostraban que había mucho camino por recorrer, pues para 2004, la penetración apenas alcanzaba el 10%. Mismo que tuvo una escalada con el despliegue de telefonía móvil de tercera generación (3G). En 2010, existieron proyectos que impulsaron el desarrollo de la infraestructura regional como el Anillo Óptico Submarino. Según datos de Statista, en 2024 América Latina contada con 430 millones de usuarios de Internet y un índice de penetración de Internet del 75%. En contraste, para febrero de 2025 existen más de 507 millones de usuarios de Internet. Considerando que la población de América Latina en febrero de 2025 era de 656.10 millones de habitantes, la penetración de Internet para 2025 es del 77,38%. Esto significa que, en un año, la penetración de Internet creció 2,38%.

En Ecuador, Internet comenzó su desarrollo en los años 80 de la mano con la Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL) con las redes UUCP y BTNET. Para 1993, se alcanza una velocidad de 9,6kbps. En 1995, se registra el dominio .ec y en 2001 la penetración de Internet era de apenas un 2%. No obstante, con la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) y la implementación de políticas públicas que impulsan la inclusión digital, en 2008 se impulsa el acceso como parte del derecho a la comunicación (Pontificia Universidad Católica, s.f),

Siendo esto un punto de partida para la inversión en tecnologías modernas que garanticen cobertura y eficiencia.

Justificación e Implementación

La infraestructura de telecomunicaciones, más allá de ser un medio de acceso a la información, es un eje transversal del desarrollo económico y social. En América Latina, el desarrollo de Internet ha cambiado el mercado de las tecnologías de la información (TI), siendo un referente en la productividad, la innovación y la competitividad global. Según datos de Data Corporation (IDC), en 2023 el mercado TI en Latinoamérica alcanzó un valor de 115 mil millones de dólares, y se espera que para 2026 se alcance los 116 mil millones de dólares, un crecimiento acelerado que es directamente proporcional a la inversión en infraestructura y servicios digitales. Este crecimiento ha generado 4.5 millones de empleos y ha promovido la transformación digital en sectores estratégicos como salud, finanzas, administración pública, comercio y salud (Desireé, 2025)

Según el informe Worldwide Black book live Edition IDC realizado en febrero de 2025, la demanda de servicios digitales, Inteligencia Artificial (IA), e infraestructura en la nube ha dinamizado el mercado TI y la inversión en infraestructura. Se prevé que para 2025 el mercado (TI) total direccionable crezca en Brasil un 18%, en Argentina un 14,6%, en Chile se mantenga con una expansión del 12,7% anual y Ecuador por su parte crezca un 12,6%. También se espera para América Latina una inversión de USD 4,4 billones en redes, lo que representa un crecimiento de un 11% (Desireé, 2025) .

En cuanto acceso a Internet, el Programa de Naciones para el Desarrollo (PNUD) afirma que el porcentaje de hogares con conexión fija a Internet en Brasil es del 77%, Chile con el 74%, Ecuador y Argentina con el 70%. No obstante, hay que reconocer que existe una brecha entre hogares rurales y urbanos. El 42% de los hogares rurales y el 84% de los hogares urbanos tiene acceso a Internet fijo en la región. (Programa de Naciones para el Desarrollo

(Caribe, 2022). Estos datos muestran una relación directamente proporcional entre la inversión en el despliegue de infraestructura de Telecomunicaciones y el desarrollo económico y Social de la región.

la demanda de herramientas digitales, inteligencia artificial e infraestructura en la nube ha dinamizado el mercado de TI y la inversión en infraestructura. Se proyecta que a finales de 2025 el mercado (TI) total direccionable crezca en Brasil un 18%, en Argentina un 14,6%, en Chile se mantenga con una expansión del 12,7% anual y Ecuador por su parte crezca un 12,6%. Además, en América Latina se espera una inversión en redes y conectividad de USD 4,4 billones, lo que equivale a una tasa de crecimiento del 11%. (Desireé, 2025)

En cuanto acceso a Internet, el Programa de Naciones para el Desarrollo (PNUD) afirma que el porcentaje de hogares con conexión fija a Internet en Brasil es del 77%, Chile con el 74%, Ecuador y Argentina con el 70%. No obstante, hay que reconocer que existe una brecha entre hogares rurales y urbanos. El 42% de los hogares rurales y el 84% de los hogares urbanos tiene acceso a Internet fijo en la región. (Programa de Naciones para el Desarrollo (Caribe, 2022). Estos datos muestran una relación directamente proporcional entre la inversión en el despliegue de infraestructura de Telecomunicaciones y el desarrollo económico y Social de la región.

En Ecuador, según el Banco Central, la industria de telecomunicaciones representó el 2,39% del Producto Interno Bruto (PIB) en 2020. Por su lado la Superintendencia del Control del Poder del mercado (SCPM) manifiesta que las actividades relacionadas a la prestación de servicio de Internet, reparación de equipos y venta de equipos electrónicos generó 8 mil empleos entre 2020 y 2023. No obstante, este sector tiene como limitante una carga tributaria alta, el 30% de los ingresos que perciben, están destinados para pagar impuestos (C.D.L., 2024) Esta limitante, genera retos importantes en términos de cobertura, calidad del servicio e inversión en infraestructura. Además, la falta de información actualizada sobre el despliegue de

infraestructura de acceso dificulta la planificación, regulación y una toma de decisiones efectiva (C.D.L., 2024).

Además, el impacto de la digitalización trasciende lo económico: transforma profundamente la manera en que las empresas interactúan con sus clientes, gestionan sus operaciones y compiten en el mercado. Las organizaciones que han adoptado tecnologías digitales han logrado optimizar sus procesos, reducir costos operativos, mejorar la experiencia del usuario (Pymes, Servicio, Turismo y Transporte) y expandir su alcance hacia nuevos mercados (C.D.L., 2024). En el ámbito público, se han observado beneficios tangibles como la automatización de trámites, la reducción de la burocracia, el ahorro fiscal y una mayor transparencia en la gestión estatal ((O.E.C.D., 2021)³; C.A.F., 2021). Todo esto refuerza la importancia de analizar con precisión las condiciones que permiten o limitan el desarrollo de la infraestructura de Internet en los países sudamericanos.

En este sentido, realizar un estudio enfocado en la infraestructura de acceso a Internet, con énfasis en Ecuador y en comparación con algunos países sudamericanos, resulta pertinente y necesario. Disponer de información sistematizada, basada en datos técnicos y económicos, permitirá a los entes reguladores, instituciones académicas y organismos de planificación estratégica tomar decisiones informadas, fomentar políticas públicas inclusivas y orientar inversiones hacia zonas y sectores prioritarios ((Cepal, 2020; (Telecomunicaciones & Telecomunicaciones, 2019). De acuerdo con el Banco Mundial (2016), un incremento del 10 % en la penetración de banda ancha puede generar un aumento del 1.38 % del PIB en países en desarrollo, lo cual demuestra la relación directa entre conectividad digital y crecimiento económico. En consecuencia, comprender y dimensionar el estado actual del despliegue de la infraestructura de Internet es esencial no solo para cerrar la brecha digital, sino también para garantizar que el desarrollo tecnológico, impulsar las habilidades digitales, aumento de

oportunidades y contribuir efectivamente a mejorar la calidad de vida y la inclusión en Ecuador y en la región sudamericana en general (C.A.F., 2021).

Alcance

Este estudio se enfoca en analizar el desarrollo y estado actual de la infraestructura de acceso a Internet en Sudamérica, con especial énfasis en el caso de Ecuador en los últimos 10 años (2014-2024). Se busca comprender cómo han evolucionado las tecnologías utilizadas para el despliegue de servicio de Internet, identificar sus fortalezas y limitaciones, y explorar la manera en que se integran a las dinámicas regionales de conectividad y acceso a Internet. La investigación comprende una revisión de tecnologías y redes alámbricas e inalámbricas para la provisión de Internet. También se considera el análisis de redes troncales, capacidades de transmisión, velocidades de acceso, y condiciones de cobertura geográfica y otros

Además, se evalúan los principales actores del ecosistema de Internet, como los operadores de telecomunicaciones, Proveedores de servicio de Internet (ISPs), organismos estatales y proveedores de contenido (CDNs). La finalidad del estudio es proporcionar una visión integral sobre el estado de la infraestructura de acceso a Internet en el país y la región, y analizarlo.

Se espera que los resultados del estudio sirvan como fuente de consulta o identificación del estado actual del despliegue y penetración de las redes de Internet. Información que sirve de insumo para que estudiantes, investigadores e instituciones públicas lo usen para generar una línea base del estado del Internet en el país. Así mismo, se busca destacar la necesidad de inversión continua en nuevas infraestructuras por parte de gobiernos, operadores y empresas tecnológicas, a fin de responder a las nuevas demandas del entorno digital y consolidar una sociedad cada vez más conectada y equitativa.

Objetivos

Objetivo General

Analizar el estado actual del despliegue de infraestructura para proveer el servicio de Internet en Ecuador y en Sudamérica.

Objetivos específicos

Desarrollar el estado del arte de la infraestructura para el despliegue del servicio de Internet y Tecnologías Asociadas

Identificar los principales Actores Involucrados en la prestación del servicio de Internet y normativa técnica.

Analizar fuentes de datos e índices mundiales sobre infraestructura de acceso, cables submarinos, CDNs a en cuatro países de Sudamérica (Ecuador, Chile, Argentina y Brasil).

Comparar y Analizar los resultados obtenidos.

En el capítulo 2 se detalla el estado del Arte de la Infraestructura para prestación del servicio de Internet, la historia del Internet desde sus Inicios con ARPANET, la evolución y los protocolos más importantes que han logrado constituir la red de redes, en el capítulo 3, se muestran los actores involucrados en la prestación de servicio como operadores, Proveedores de Servicio de Internet (ISPs), Proveedores de Cables submarinos y Usuarios. En el Capítulo 4, se analizan fuentes de información cuantitativas, índices sobre despliegue de Infraestructura, conectividad y acceso. Finalmente, se pretende hacer un análisis comparativo de la información recopilada y determinar los principales hallazgos de la investigación.

Capítulo II

Infraestructura de Telecomunicaciones

Infraestructura de telecomunicaciones

Infraestructura de Comunicaciones

El desarrollo de las infraestructuras de comunicación puede analizarse desde la perspectiva de los sistemas tecnológicos propuestos por Hughes (1987), quien identifica cinco etapas fundamentales: invención, desarrollo, innovación, transferencia de tecnología y crecimiento. En la Tabla 1, se presenta las diferentes etapas.

Tabla 1

Etapas de la Infraestructura de Telecomunicaciones

Etapas	Descripción
Invención	Liderado por personas motivados por la curiosidad y la solución de problemas o principio técnico. Es el origen de una nueva idea o concepto.
Desarrollo	Traducir una idea en un prototipo funcional a través métodos experimentales, pruebas de concepto y prototipos.
Innovación	Se define como la adopción de nueva tecnología previamente desarrollada, que tiene el objetivo de mejorar un proceso marcando el paso de un experimento técnico a una prueba de concepto.
Transferencia tecnológica	Una vez consolidada, la tecnología empieza a ser transferida a diferentes lugares a través de acuerdos comerciales, cooperación público-privada, cooperación institucional o por políticas públicas.
Crecimiento	Una vez transferida y desplegada, la tecnología forma parte de la vida cotidiana siendo ubicua e indispensable para el funcionamiento de procesos que se perciben como transparentes ante la percepción humana, salvo cuando la tecnología falla.

Nota. Tomado de Abbate (1999).

Desde la Invención hasta el crecimiento, el ciclo de desarrollo tecnológico muestra como una idea puede integrarse en la vida social y económica, pues cada etapa es imprescindible para que una tecnología forme parte del tejido estructural de la sociedad y se logra gracias a una interacción entre actores técnico, culturales, económicos e institucionales. A

medida que una tecnología crece y se difunde, deja de ser percibida como una novedad para convertirse en una infraestructura tecnológica (Abbate, 1999).

Infraestructura Tecnológica

Una infraestructura tecnológica no es solo un conjunto de elementos físicos (como cables, servidores, o torres de telecomunicaciones), sino un sistema sociotécnico complejo, compuesto por componentes materiales, lógicos, humanos e institucionales que permiten el funcionamiento de servicios esenciales (Abbate, 1999) Según Stor & Archer (1996) y Triviño (2025), existe una serie de características estructurales y funcionales que permiten identificar y analizar lo que constituye una infraestructura. En la Tabla 2 se describen las características de una infraestructura de telecomunicaciones.

Tabla 2

Características de la Infraestructura de Telecomunicaciones

Característica	Descripción
Integración	La infraestructura es capaz de interconectarse con diferentes plataformas, sistemas y protocolos con el objetivo de ser eficiente.
Transporte	La infraestructura tiene el objetivo de movilizar información entre usuarios, es decir, de un lugar a otro.
Alcance y ámbito	Es la extensión geográfica en el que una infraestructura funciona adecuadamente, esto da paso a la clasificación de infraestructuras como redes en función a su tamaño (PAN, LAN, WAN, etc.)
Incorporación de estándares	Una infraestructura eficaz debe adherirse a estándares técnicos y normativos que aseguren compatibilidad, seguridad y eficiencia s como protocolos IETF para Internet (como TCP/IP).
Construcción sobre base instalada	Las infraestructuras se construyen con elementos preexistente que determina las capacidades y limitaciones que tiene.
Visible cuando falla	Son Visibles cuando los usuarios presentan fallas.
Desarrollo incremental	La infraestructura se construye de forma progresiva no es un todo desde un inicio.

Nota. Tomado de Abbate (1999).

Las características descritas en la Tabla 2 muestran a una infraestructura de telecomunicaciones como un sistema dinámico que evoluciona en función del tiempo, en función a la demanda de usuarios, las normativas técnicas y políticas públicas que adopte una nación. Así mismo, su desarrollo es progresivo apoyándose en estándares predefinidos y probados (Star & Ruhleder, 1996). A partir de la comprensión de estas características es posible realizar un análisis técnico y normativo que han transformado las tecnologías de comunicación, mejorando su rendimiento y ampliando su alcance.

Avances Técnicos a las tecnologías de Comunicación

Las infraestructuras tecnológicas son el resultado de un proceso de desarrollo histórico acumulativo cuyo avance técnico ha sido basado en cimientos establecidos por sus predecesores, esto se conoce como construcción aditiva y se manifiesta en los sistemas de transmisión de información y cómputo desde las primeras tecnologías analógicas hasta las más actuales.

El hito inicial de las comunicaciones fue la invención del telégrafo en el siglo XIX, siendo este el primer dispositivo de telecomunicación usando señales eléctricas a través de cables de cobre. Samuel Morse y Alfred Vail, en 1837 desarrollaron un sistema capaz de codificar señales, sentando las bases para el desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones (Standage, 1998).

Décadas más tarde, el matemático británico Alan Turing formuló el concepto de la “máquina universal”, que dio origen al modelo teórico de los computadores digitales. Durante la Segunda Guerra Mundial, Alan Turing inventó la máquina Bombe cuyo objetivo era descifrar los códigos nazis producidos por la máquina "Enigma", que fue considerada como la primera computadora de la historia (Hodges, 2014). Este hecho dio paso a ideas básicas de la computación contemporánea.

Al mismo tiempo, se crearon computadoras analógicas, capaces de resolver ecuaciones simples con engranajes, fluidos o señales eléctricas continuas, aplicables a la ingeniería. Poco después, sin embargo, surgieron las computadoras digitales, que operaban con sistemas binarios que proporcionaban sistemas de computación más precisos, escalables y flexibles (Ceruzzi, 2003).

Existe una lógica en la historia de las infraestructuras tecnológicas de la expansión incremental de esas tecnologías, de una tecnología a la siguiente: la tecnología construye y fortalece su propia lógica de desarrollo, en otras palabras, para que cada generación pueda construir sobre la anterior en términos de tecnología. De manera similar, la construcción de esta estructura aditiva también significa que las tecnologías de diferentes épocas pueden coexistir, es decir, redes de cobre que aún son capaces de soportar servicios digitales modernos, y también la actualización progresiva con estándares técnicos, protocolos y hardware para continuar siendo capaces de sostener la conectividad entre el sistema de comunicación global.

El telégrafo, las máquinas de Turing y las computadoras digitales son considerados como bases dentro de una cadena de innovación que es la que precisamente ha dado forma a las infraestructuras actuales que, poco después interconectarán equipos.

Redes de computadoras

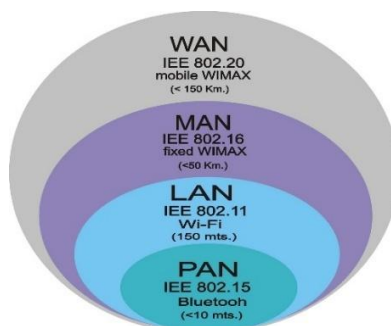
Las redes de computadoras son equipos o dispositivos interconectados que permiten el intercambio de información, servicios y recursos entre usuarios. Según Tanenbaum & Wetherall (2011) estas redes de computadoras son la base del funcionamiento de Internet y de sistemas modernos como servicios bancarios hasta plataformas de educación.

Las redes pueden clasificarse según su tamaño y alcance geográfico. Una red de área personal (PAN) conecta dispositivos en distancias muy cortas, generalmente alrededor de una

persona. Las redes de área local (LAN) conectan computadoras dentro de un edificio o campus. Las redes metropolitanas (MAN) enlazan varios edificios dentro de una ciudad, mientras que las redes de área amplia (WAN) abarcan zonas geográficas extensas e incluso países como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Clasificación de redes por tamaño

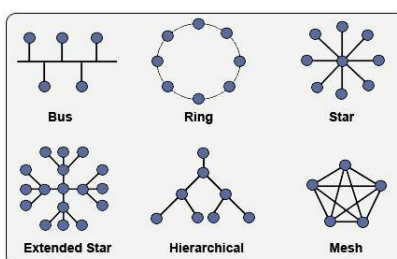


Nota. Tomado de IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee (2023).

También se pueden clasificar según su topología (estrella, anillo, bus, malla, jerárquica y estrella extendida) como se observa en la Figura 2 o su modelo de administración, distinguiendo entre redes cliente-servidor y redes punto a punto. Esta diversidad permite adaptar las redes a diferentes necesidades, escalas y condiciones de operación.

Figura 2

Clasificación de redes por topología



Nota. Tomado de Forouzan (2007)

Protocolos de Comunicación

Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten el intercambio de información; transmitir de un punto “A” hacia un punto “B” (Forouzan, 2007). A continuación, se describen los siguientes protocolos de comunicación.

Protocolo de Internet (IP)

Un protocolo que asigna una dirección IP a un dispositivo conectado a una red de datos, divide la información en paquetes pequeños, enruta paquetes de datos. Es no orientado a la conexión porque no preestablece un enlace entre el transmisor y receptor para enviar paquetes. Este es un componente fundamental de los protocolos TCP/IP (Forouzan, 2007).

Protocolo de Control de Transmisión (TCP)

Protocolo de Control de Transmisión (TCP) tiene la característica de retransmitir paquetes de información en caso de que se produzcan errores en la comunicación (Kurose & Ross, 2020). Esto es por la presencia de acuses de recibo ACK que validan la llegada de datos al receptor.

Protocolo de Datagramas de Usuario (UDP)

En contraste, este protocolo según Francisco Cárdenas se considera no fiable porque no emplea un control de flujo ni ordena paquetes, su principal ventaja es que provoca poca carga adicional a la red. Es muy utilizado en servicios de tiempo real como videoconferencias (Forouzan, 2007).

TCP/IP

TCP/IP es el conjunto de los protocolos descritos anteriormente que permiten la comunicación en redes digitales e Internet. Es una arquitectura abierta y flexible ha permitido la interoperabilidad de redes heterogéneas y es la base de todos los servicios modernos de Internet. En la Tabla 3 se evidencia las capas del modelo TCP/IP.

Tabla 3*Capas del modelo TCP/IP*

Capa	Funcionalidad
Capa de Aplicación	Proporciona servicios de red a las aplicaciones del usuario, como HTTP, FTP, SMTP, DNS, etc.
Capa de Transporte	Garantiza una transmisión fiable a través de los equipos dentro de una red, entre los protocolos principales están el TCP y UDP.
Capa de Internet	Es encargada del direccionamiento de equipos y el enrutamiento de paquetes entre los equipos de interconexión.
Capa de enlace	Gestiona la comunicación de equipos a nivel físico a través de tramas.

Nota. Tomado de Kurose & Ross (2020)

Por otra parte, la Organización Internacional de Normalización (ISO) en colaboración con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) desarrolla un modelo de referencia OSI a finales de los años 70 y publicado formalmente en 1984. Tiene el objetivo de establecer un estándar teórico para garantizar interoperabilidad entre fabricantes y tecnologías. (ISO/IEC 7498-1)

A continuación, se muestra en la Tabla 4 la comparativa entre ambos modelos.

Tabla 4*Comparación entre los modelos OSI y TCP/IP*

Capa OSI	Capa TCP/IP	Función principal
7. Aplicación	4. Aplicación	Interfaz con el usuario, servicios de red (HTTP, FTP)
6. Presentación		Traducción de datos, cifrado, compresión
5. Sesión		Control de diálogos, sesiones
4. Transporte	3. Transporte	Transmisión fiable (TCP) o rápida (UDP)
3. Red	2. Internet	Enrutamiento de paquetes (IP)

Capa OSI	Capa TCP/IP	Función principal
2. Enlace de datos	1. Acceso a red	Control de acceso físico y direccionamiento MAC
1. Física		Transmisión de bits por el medio

Nota. Tomado de Forouzan (2007).

Parámetros de Rendimiento de una Red

Son métricas que brindan una referencia del estado de la infraestructura de cara al usuario final, lo que también se conoce como Calidad de Servicio (QoS) y la Calidad de Experiencia (QoE). Para analizar el rendimiento se definen los siguientes parámetros: Retardo, Jitter y pérdidas de paquetes.

Retardo (Delay). El retraso o latencia se refiere al tiempo que tarda un paquete de datos en viajar desde la fuente hasta el destino a través de la red. Es un parámetro crítico en aplicaciones en tiempo real como Voz sobre IP (VoIP), videoconferencias y juegos en línea, donde valores altos de retraso pueden causar interrupciones y degradar la comunicación (Stallings, 2015). Este se compone de retraso de transmisión, retraso de propagación, retraso de procesamiento y retraso de cola.

Jitter. El jitter es la variación en el retraso. En otras palabras, mide cómo fluctúa el retraso en la entrega de paquetes (Kurose & Ross, 2020) Por lo tanto, es esencial controlar el jitter para mantener una transmisión fluida.

Pérdida de Paquetes (Packet Loss). La pérdida de paquetes ocurre cuando uno o más paquetes transmitidos no llegan al receptor. Esto puede generar errores en la transmisión y congestión de las redes en nodos intermedios. Debe ser relativamente bajo en servicios sensibles o en tiempo real como video conferencias, streaming o Voz sobre IP (VoIP) (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

Calidad de Servicio (QoS). La QoS es un conjunto de técnicas y métricas que permiten cumplir con ciertos niveles de desempeño. Se enfoca en parámetros como ancho de banda, retardo, jitter y pérdida de paquetes para asegurar que aplicaciones críticas reciban un tratamiento preferente (Systems, 2019).

Calidad de Experiencia (QoE). La QoE es determinada por la percepción que tiene un usuario sobre un determinado servicio (Pallis & Vakali, 2010). Por un lado, la QoS mide métricas técnicas de forma objetiva, la QoE es una métrica subjetiva porque es la validación de un usuario sobre un determinado servicio.

Enrutamiento

El enrutamiento es el proceso que determina la mejor ruta para que los datos viajen desde su origen hasta el destino a través de redes interconectadas. Según Genaro Vásquez 2018 un protocolo de encaminamiento o enrutamiento de paquetes es un mecanismo a través del cual los equipos principales dentro de la red buscan nodos contiguos o vecinos con el fin de crear rutas y distribuir el tráfico en la red. (Vásquez, 2018).

El objetivo de los protocolos es buscar la mejor ruta, pero lo hacen a través de diferentes criterios, se pretende analizar cada uno de ellos. Según el ingeniero de la Escuela Politécnica Nacional Rodrigo Tapia los protocolos de enrutamiento se dividen en 2 clases, protocolos interiores y exteriores. Los primeros comparten información entre redes que comparten una única administración. Entre estos destacan Routing Information Protocol (RIP), Open Shortest Path First (OSPF) y Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP). Por otra parte, los exteriores enrutan información de redes que no comparten una administración común, los más destacados de esta clase son Exterior Gateway Protocol (EGP) y Border Gateway Protocol (BGP) (Rodrigo Tapia, 2009). El enrutamiento eficiente es clave para minimizar latencia y evitar congestiones en la red.

Routing Information Protocol (RIP)

Este protocolo usa la métrica de número de saltos para definir la ruta más corta (vector distancia), el número máximo de saltos que puede contar es 15, su segunda versión RIPv2 permite una nueva distribución de rutas basado en lo aprendido por otros protocolos de enrutamiento (Rodrigo Tapia, 2009).

Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)

También es un protocolo de vector distancia exterior que construye automáticamente rutas en los routers y las mantiene en la memoria RAM para una actualización rápida en caso de requerirla (Rodrigo Tapia, 2009).

La Red de Redes: Internet

La comunicación a distancia da paso a espacios y técnicas que surgen de las redes de datos, permitiendo a los individuos interactuar y encontrarse de forma distinta, transformando las nociones tradicionales de presencia, tiempo y espacio (Castells, 2001). El desarrollo de estas es un fenómeno que viene desde la década de los noventa y que a día de hoy se ha globalizado, esto responde a las etapas del desarrollo de un sistema tecnológico, de ahí la importancia de entender la definición de Internet y cómo ha evolucionado a través del tiempo.

Antes de profundizar en este argumento, es importante destacar que Internet se clasifica, en otras palabras, como una tecnología de propósito general (GPT) debido a su capacidad para transformar varios sectores de la economía y la sociedad. Según Castells (2001), Internet es una tecnología que permitió la interacción global y descentralizada. Su naturaleza transversal permite su uso en la educación, la salud, el comercio, el entretenimiento y la gobernanza, convirtiéndola en una infraestructura básica del siglo XXI.

Según DataReportal (2022), el 62.5% de la población tiene acceso a internet. Para febrero de 2025, Anys Petrosyan, analista de Statista, afirma que 5.56 mil millones de personas

en todo el mundo eran usuarios de internet, o el 67.9% de la población total (Statista, 2025). Esto corresponde a un crecimiento de 5.4 puntos porcentuales en los últimos 3 años.

La penetración de internet se está acercando a la saturación en áreas más desarrolladas. En el norte de Europa, por ejemplo, el 97.5% de la población usa internet, mientras que en América del Norte, la penetración es del 96.9%, en Europa Occidental del 94.5%, y en Asia Oriental del 83.9%. Por otro lado, en regiones menos desarrolladas (África Subsahariana, 29.0%, África Occidental, 35.4%, África Oriental, 26.8%), los niveles de conectividad siguen siendo bastante bajos, revelando una brecha digital crónica (DataReportal, 2024). Estas disparidades en el acceso digital pueden observarse a través de la tasa de crecimiento anual de 2024 a 2025. Mientras América del Norte se estanca al aumentar solo un 0.5 por ciento porque ya consolidó el 93.1 por ciento, América Latina se vuelve dinámica también, con un crecimiento del 1.1 por ciento que casi duplica el nivel de su vecino del norte.

La mayor diferencia, más que en cualquier otra región, es la más dramática en África, donde la cobertura general es solo del 38%, mientras que el crecimiento es de casi 3 puntos porcentuales. Este aumento explosivo, impulsado por dispositivos móviles, indica la importancia crítica de fortalecer la infraestructura y las políticas públicas para reducir la brecha digital entre áreas rurales y urbanas y crear soluciones basadas en tecnología adaptadas a cerrar la brecha de acceso entre el Norte y el Sur global y los espacios urbanos y rurales.

Historia del Internet

Internet es también conocida como la red de redes, construida mediante protocolos como TCP/IP, que aseguran la comunicación entre dispositivos heterogéneos. La historia de Internet muestra una construcción tanto tecnológica como social. Abbate (1999) destaca que la invención del Internet fue posible gracias a la colaboración entre investigadores, instituciones militares y universidades. El proyecto ARPANET, financiado por DARPA, fue la primera red que implementó protocolos descentralizados. En 1983, se adoptó oficialmente el protocolo TCP/IP,

y poco después surgieron las RFC (Request for Comments), documentos colaborativos que definieron estándares abiertos y consensuados dando paso a un sin número de innovaciones de red López Rubio (2006).

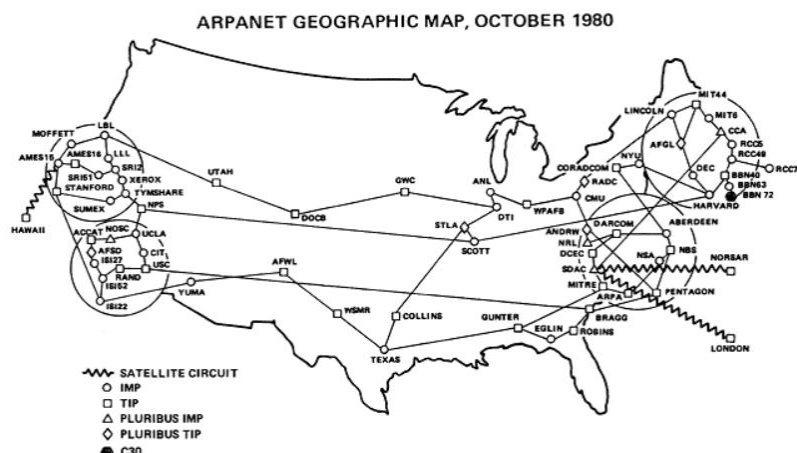
Según López Rubio (2006) la Internet es considerada una red conmutada global, dado que une múltiples nodos, distribuidos por el mundo que obedece a estándares de comunicación.

El aparecimiento de la red de comunicación global se remonta a un período de tensión en donde Estados Unidos y la antigua Unión Soviética se enfrentaron en la guerra fría, la importante tarea de detectar misiles enemigos y preparar el contraataque para que estallaran en el aire, generó la necesidad de que las bases militares se encuentran interconectadas, es así que en 1969 nace ARPANET. La primera red sin nodos centrales, de la que formaban parte 4 universidades: Universidad de California Los Angeles (UCLA), Universidad de California Santa Barbara (UCSB), Universidad de Utah y Stanford Research Institute (SRI). La primera transmisión tuvo lugar el 29 de octubre de 1969 (Leiner et al., 1997, p. 5).

En 1971 ARPANET, se convierte en una red de área extendida (WAN) y cuenta con 15 nodos, en 1973 se internacionaliza y se conecta con la universidad de College of London en Gran Bretaña y Norweign Seismic Array en Noruega. Para 1980 red ARPANET luce como en la Figura 3.

Figura 3

Mapa Georreferenciado de ARPANET en 1980



Nota. Tomado de Formoso(n.d).

En 1973 Cerf y Kahn, establecieron el protocolo de comunicación TCP/IP permitió la comunicación entre múltiples redes diferentes, cuya estandarización se oficializó en 1983 para ARPANET, formando así el Internet moderno.

- Transmission Control Protocol (TCP): Fragmenta los paquetes antes de enviarlos y los reconstruye en el receptor.
- Internet Protocol (IP): Asigna una dirección IP a los dispositivos conectados a la red y se encarga del enrutamiento de paquetes para puedan llegar a su destino.

A diferencia de ARPANET, que era una sola red, Cerf y Kahn imaginaron una red que contenga varias redes que trabajen en conjunto, independientemente del hardware o software que tengan disponible.

Cerf trabajó en la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa (DARPA) durante los años 70 y 80, esta era una agencia que financió, organizó y promovió la expansión experimental de TCP/IP a varias instituciones académicas y militares. Su trabajo fue

destacado en la transición de las primeras redes académicas, como NSFNET, a la arquitectura TCP/IP.

El investigador de la Universidad de Oxford, Berners Lee, comienza a diseñar un programa, "Enrique", que permite almacenar y recuperar información mediante asociaciones no deterministas. Partiendo de dicho programa, en octubre de 1980, emprendió la elaboración del HTML, que permite combinar texto, imágenes y establecer enlaces a otros documentos.

En 1983, el Departamento de Defensa de EE. UU. dividió ARPANET en dos redes separadas: MILNET, destinada exclusivamente a uso militar, y ARPANET, que continuó como una red académica y de investigación. Para ese momento, ARPANET contaba con 113 nodos, de los cuales 68 fueron transferidos a MILNET. El resto siguió expandiéndose, incorporando cada vez más instituciones a nivel global. Finalmente, en 1990, ARPANET fue dado de baja oficialmente, pero para entonces ya había sentado las bases de una red mucho más grande y descentralizada: la Internet que pasó a ser administrada por la NSF (National Science Foundation), esta tomó el liderazgo del desarrollo y expansión de Internet a través de la red NSFNET, creada en 1985 como una infraestructura académica (Abbate, 1999).

Aunque Internet existía desde hacía décadas, su uso masivo no comenzó hasta la creación de la World Wide Web (WWW). En 1989, el científico británico Tim Berners-Lee, mientras trabajaba en el CERN (Laboratorio Europeo de Física de Partículas), propuso un sistema para compartir información mediante hipertexto. Un año después, desarrolló los tres pilares fundamentales de la Web:

- HyperText Markup Language (HTML) HyperText Markup Language, el lenguaje para crear páginas web.

- HTTP (HyperText Transfer Protocol), el protocolo para transferir datos.

El primer navegador web, llamado WorldWideWeb.

En 1991, inició la transferencia de tecnología masiva cuando la WWW se hizo pública, permitiendo que cualquier persona con acceso a Internet pudiera visualizar páginas web. La penetración de Internet a nivel mundial era sumamente limitada, ya que la red apenas comenzaba a expandirse más allá de los entornos académicos y gubernamentales. En ese año, menos del 1 % de la población global tenía acceso a Internet, y la mayoría de los usuarios estaban concentrados en instituciones de investigación en Estados Unidos y Europa. En cuanto a los dispositivos disponibles, se estima que existían aproximadamente 100 millones de computadoras personales en uso en todo el mundo, mientras que la población global era de unos 5.4 mil millones de personas. (Ceruzzi, 2003;Bank, n.d.).

Pero cuando Mosaic llegó en 1993, el auge del navegador gráfico para principiantes realmente despegó. Este éxito le dio a Marc Andreessen, quien fue responsable de crear Mosaic, la confianza para crear una empresa con más escala llamada Netscape Communications, que lanzó Netscape Navigator en 1994, y rápidamente dominó el espacio (Andreessen & Bina, 1999).

Pero ciertamente no se ha tratado solo de tecnología en el desarrollo de internet, con procesos legales y de gobernanza complejos involucrados. Internet, desde sus inicios, fue concebido como una red descentralizada y abierta, pero cuando su uso se expandió, se hizo necesario establecer el marco regulatorio y la estructura de gobernanza necesarios para mantener la funcionalidad, estabilidad, seguridad y accesibilidad global de internet (Mueller, 2010).

La gobernanza de Internet hace referencia refiere a procesos e instituciones responsables de regular y gestionar recursos, normas y políticas que permiten la operación de la red a nivel mundial. Entre los actores más relevantes se encuentran organismos intergubernamentales, entidades privadas, organizaciones técnicas y la sociedad civil (DeNardis, 2014).

La Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (CMSI), organizada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), se llevó a cabo en dos fases en Ginebra (2003) y Túnez (2005) y se considera un hito en el sistema legal y político de Internet. Esta cumbre tenía como objetivo fomentar un diálogo global para ofrecer los beneficios de la sociedad de la información a todas las personas, con la comprensión de que el desarrollo económico y social depende en gran medida de la conectividad y el desarrollo digital (Telecomunicaciones & Telecomunicaciones, n.d.-a).

Se formó el Grupo de Trabajo sobre Gobernanza de Internet (GTGI) para investigar y sugerir formas de que la gobernanza sea más inclusiva y transparente, en asociación con gobiernos y actores no gubernamentales (W.G.I.G., 2005).

En respuesta a la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (CMSI) y a la luz de la necesidad emergente de una delineación más clara de responsabilidades en el área de la gestión de Internet, se estableció el Grupo de Trabajo sobre Gobernanza de Internet (GTGI) para explorar y proponer métodos que hagan la gobernanza más inclusiva y transparente, trabajando con gobiernos y actores no gubernamentales (I.C.A.N.N., 2016).

El Foro de Gobernanza de Internet (FGI), establecido en 2006, es un espacio de diálogo entre gobiernos, el sector privado, la sociedad civil y expertos técnicos para discutir políticas públicas relacionadas con Internet, promoviendo la transparencia, la inclusión y la innovación en la gobernanza global de la red (F.G.I., 2023).

Durante la sesión de 2014 de la UIT, se celebró un foro amplio y multidisciplinario en Ginebra centrado en los desafíos contemporáneos de la gobernanza de Internet para la cooperación global en el abordaje de la ciberseguridad, la privacidad, la accesibilidad y las necesidades de infraestructura digital. Su mensaje también se centró más en la creciente

complejidad de Internet y la necesidad de marcos legales y técnicos más flexibles. La disponibilidad se centraba en estructuras académicas como BITNET y (UIT, 2014.).

Por lo tanto, la evolución de la ley y la gobernanza de Internet debe considerar la libertad y apertura de la red para operaciones globales seguras, eficientes y equitativas, dentro del marco de estructuras sólidas.

En la Tabla 5, se muestra una línea temporal con los principales hitos en cuanto aplicaciones.

Tabla 5

Hitos Importantes en la Evolución de Aplicaciones sobre Internet

Año	Evento	Descripción
1994	Yahoo! es creado por Jerry Yang y David Filo	Nace como un directorio web categorizado manualmente; primer buscador popular
1995	Microsoft lanza Internet Explorer	Comienza la “Guerra de Navegadores” con Netscape
1996	Hotmail es lanzado	Primer correo electrónico gratuito basado en web
1997	Microsoft adquiere Hotmail	Compra por \$400 millones; lo integra a MSN
1998	Google es fundado por Larry Page y Sergey Brin	Introduce PageRank; desplaza a Yahoo! como buscador dominante
1999	Napster es lanzado	Inicia el intercambio P2P de música digital; abre debate sobre derechos de autor
2000	WAP (Wireless Application Protocol)	Protocolo que permite acceso básico a Internet desde teléfonos móviles; pionero en navegación móvil
2000	WEP (Wired Equivalent Privacy)	Primer estándar para la seguridad inalámbrica Wi-Fi; buscaba proteger redes inalámbricas
2000	Winamp lanza su reproductor multimedia	Populariza la reproducción de audio digital en PC y dispositivos portátiles
2001	Ares lanza software P2P	Cliente para intercambio de archivos P2P con música y videos
2001	Apple lanza iTunes	Tienda y reproductor multimedia digital; revoluciona el modelo de distribución musical

Año	Evento	Descripción
2004	Facebook es fundado por Mark Zuckerberg	Red social universitaria que se expande globalmente
2005	YouTube es lanzado	Plataforma de video que democratiza la creación y consumo de contenido audiovisual
2006	Spotify es fundado en Suecia	Plataforma de música por streaming con modelo freemium
2007	Apple lanza el iPhone	Inicio de la era móvil; acceso constante a Internet desde dispositivos portátiles
2007	Netflix inicia su servicio de streaming	Pasa de alquiler de DVDs al streaming de películas y series por suscripción
2008	Spotify es lanzado públicamente (Suecia)	Inicia su impacto en la industria musical global mediante streaming on demand

Nota. Elaboración propia.

En definitiva, Internet pasó de ser un proyecto militar impulsado por combatir la guerra fría hasta convertirse en ubicua con un alcance global que ha transformado la vida cotidiana en aspectos como el comercio, la educación, el entretenimiento e impulsando el crecimiento socioeconómico de países a través de la inversión en infraestructura de redes de acceso.

Internet en Sudamérica

La primera indicación de conectividad a Internet en el contexto sudamericano ocurrió en la década de 1980, cuando Brasil y Chile tomaron la delantera en la investigación para una conexión global a Internet. Al mismo tiempo, Argentina inició redes académicas como BITNET y UUCP. Brasil entró en el desarrollo de Internet en esa región por primera vez en 1991, cuando Brasil hizo su primer contacto directo con los Estados Unidos. Aunque las cifras exactas de penetración para este año son desconocidas, generalmente se asume que menos del 1% de la población sudamericana, al igual que la mayoría de las áreas en desarrollo del mundo en ese momento, tenía acceso a una conexión a Internet (Society, 2019; Leiner et al., 1997).

La disponibilidad se centró en instituciones académicas como BITNET y UUCP, que sirvieron como interfaces entre el aprendizaje académico y la empresa científica.

La comercialización masiva de Internet en América del Sur aumentó desde finales de los años 1990 y principios de los 2000 a medida que los costos disminuyeron y las infraestructuras mejoraron. La verdadera aparición de la World Wide Web en América del Sur alrededor de 1995 comenzó a desarrollarse con portales web, servicios de correo electrónico y herramientas de navegación. Fue un período de expansión y regulación: el uso de servicios de red se volvió más extenso con un nuevo crecimiento y menos costoso, especialmente ahora que también habíamos ampliado el acceso de banda ancha. Al mismo tiempo, fue un período en el que los gobiernos regionales buscaron activamente políticas que regularan y promovieran el acceso a Internet mediante la implementación de agendas digitales.

Intelligence (2020) explica cómo la adopción de Internet en la región se aceleró durante este período, impulsada por la reducción de costos y el crecimiento de las redes de banda ancha, junto con políticas públicas que enfatizan la conectividad digital. En ese momento, en el año 2000, la penetración promedio de Internet en América del Sur estaba en el rango del 2% al 5%, con variaciones entre países en términos del nivel de desarrollo económico y tecnológico de la respectiva región (América Latina & Caribe, 2021).

La democratización del acceso dio un paso importante en 2004 cuando la penetración de Internet alcanzó el 10% de la población, gracias al uso generalizado de tecnologías como ADSL y módem por cable. Al mismo tiempo, se introdujeron servicios de telefonía móvil inalámbrica en forma de 3G. En 2010, hubo un salto cualitativo en el desarrollo de infraestructura con el lanzamiento del anillo FO sudamericano. Los usuarios de Internet en América Latina representan 430 millones de personas, lo que equivale a alrededor del 75% de

la población, y sirve como un importante motor de avance económico y tecnológico (Statista, 2025).

La adopción de conexiones a Internet a través de FO ha aumentado drásticamente en los últimos diez años debido a la necesidad de servicios de banda ancha de alta velocidad para hogares, empresas y organizaciones. De tecnologías más tradicionales como ADSL o redes móviles, FO ha crecido hasta convertirse en una opción tecnológica común para la infraestructura de última milla debido a su capacidad para ofrecer mayores velocidades y mayor estabilidad (C.A.F., 2021).

A partir de 2020, hasta alrededor del 25% de los hogares en varios países importantes, incluidos Chile, Brasil y Argentina, estaban conectados a Internet utilizando conexiones de FO (Observatorio Regional de Banda Ancha (C.A.F., 2021)). Debido a fuertes políticas públicas y continuas inversiones privadas, Chile es un líder regional con más del 40% de penetración de FO en áreas urbanas (Chile, 2022). Brasil y Argentina han experimentado un crecimiento considerable en la expansión de redes de fibra, pero la cobertura sigue siendo limitada en áreas rurales y periféricas. (A.N.A.T.E.L., 2020; E.N.A.C.O.M., 2020).

Las mejoras en la infraestructura de FO han sido fundamentales para el crecimiento, dado el aumento significativo en el tráfico de datos de los servicios de streaming, el teletrabajo, la educación en línea y el comercio electrónico. Sin embargo, factores como la extensión geográfica, los costos de implementación en áreas remotas y la necesidad de políticas públicas que fomenten la inversión en infraestructura de telecomunicaciones en todo el territorio sudamericano requieren políticas públicas que puedan ayudar a superar las limitaciones de las soluciones actuales (C.A.F., 2021).

Las redes de FO de América del Sur están creciendo de manera constante, lo que asegurará una mayor penetración y facilitará el cierre de las brechas digitales y mejorará la calidad del acceso a Internet (U.I.T., 2023).

El particular de Internet en Ecuador

En el contexto ecuatoriano, los primeros pasos hacia la conectividad se dieron a través de la Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL) en Guayaquil, que estableció conexión inicial mediante redes BITNET, posteriormente migrando a Internet a través de protocolos UUCP (siglas de Unix-to-Unix Copy Protocol es un conjunto de programas, protocolos y servicios que fueron diseñados para copiar archivos, ejecutar comandos y enviar correos electrónicos entre sistemas Unix compatibles y conectados entre sí.) (Bravo, n.d.). El año 1993 marcó un hito al habilitarse la primera conexión a Internet con una velocidad de 9600 bps.

En su etapa embrionaria, la penetración de internet en Ecuador se mantenía baja, alcanzando solo el 2 por ciento de la población en 2001. Uno de los avances notables comenzó en 2008 con la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) promoviendo el acceso a Internet como un componente de una política de telecomunicaciones de base amplia, según registros de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Este esfuerzo institucional marcó el inicio de una nueva etapa en la democratización del acceso a las tecnologías digitales en el país.

Esto se ha reflejado claramente en el aumento del acceso digital en Ecuador. Un mapa del mismo paisaje en 2018 mostró una conectividad móvil para cada 100 residentes del 51.5%. La infraestructura residencial tomó forma varios años después, a principios de 2021, alcanzando una tasa de penetración de Internet fijo del 13%, sumando más de 2.3 millones de conexiones activas, y una tasa de penetración combinada del 71.5%.

Este avance preparó el terreno para el notable salto de los años siguientes. A inicios de 2025, los informes "Digital 2025" revelan que la penetración *total* de Internet ya alcanza al 83.7% de la población. Estas métricas, subrayan el dominio absoluto del sector móvil las conexiones celulares activas (voz y datos) llegando al 98.8% de la población, consolidando al móvil como la principal puerta de acceso a la red en el país.

En definitiva, desde su origen con ARPANET hasta convertirse en una red global, Internet no solo ha transformado la forma en que la gente accede a la información, sino también ha permitido la prestación de servicios digitales y el uso de herramientas como la inteligencia artificial. El protagonista detrás de este éxito es el diseño llamado redes de extremo a extremo, cuyo principio es que la red puede ser "tonta" (únicamente transporta datos) y los dispositivos terminales deben ser "inteligentes". Este modelo representa la base de los nuevos servicios (Peterson & Davie, 2022).

Red de Extremo a Extremo

El modelo de red de extremo a extremo (*end-to-end network*) es un enfoque fundamental en el diseño de Internet, en el cual los dispositivos ubicados en los extremos de la red como computadoras, servidores, teléfonos móviles u otros equipos terminales son los responsables principales de gestionar las funciones críticas de la comunicación, tales como el control de errores, la seguridad, el cifrado y la confiabilidad de los datos transmitidos. Los nodos intermedios, como *routers* y *switches*, se encargan únicamente del encaminamiento de paquetes, sin interpretar ni modificar su contenido (Saltzer et al., 1984). Este modelo se basa en el principio de extremo a extremo, formulado por (Saltzer et al., 1984), quienes argumentan que muchas funciones del sistema de comunicación son mejor implementadas en los puntos extremos, en lugar de en la red misma. Este principio, aplicado en la arquitectura de Internet, ha permitido que las redes permanezcan relativamente simples y robustas, al tiempo que se facilita la innovación tecnológica en los dispositivos finales (Kurose & Ross, n.d.)

Una de las grandes ventajas del modelo de extremo a extremo es que favorece la escalabilidad y flexibilidad de los servicios. Como señalan Peterson & Davie (2022), este diseño posibilita la implementación de nuevas funcionalidades (como compresión, cifrado o control de flujo) sin necesidad de modificar la infraestructura subyacente de la red. Asimismo, este enfoque promueve la neutralidad de la red, ya que los dispositivos intermedios no interfieren en los datos, ni discriminan por tipo de contenido, fuente o destino. (Peterson & Davie, 2022)

Las tecnologías comunes presentan el modelo de extremo a extremo. Por ejemplo, TCP (Protocolo de Control de Transmisión) proporciona control de flujo, corrección de errores y verificación de entrega directamente entre los hosts que se comunican sin utilizar nodos intermedios (Kurose & Ross, 2021). El cifrado de extremo a extremo, respaldado por aplicaciones como WhatsApp y Signal, asegura que solo el remitente y el receptor puedan acceder al contenido del mensaje, protegiendo la privacidad incluso contra los servidores que transportan los datos. (Peterson & Davie, 2022).

Sin embargo, este modelo no está exento de limitaciones. Por un lado, es la complejidad que delega a un host final, el cual debe poseer los recursos computacionales para soportar algoritmos sofisticados de seguridad o recuperación de datos. Además, el modelo podría enfrentar un obstáculo debido a desafíos técnicos en el caso de que los dispositivos tengan habilitado NAT (Traducción de Direcciones de Red) y los cortafuegos puedan estar activos, lo que dificulta establecer una conexión directa entre los dos extremos, y se pueden requerir intermediarios como servidores de señalización para utilizar el modelo (Kurose & Ross, 2020).

No obstante, este es solo un pequeño ejemplo del modelo de extremo a extremo que continúa siendo una piedra angular en el desarrollo de redes contemporáneas. El enfoque, que se centra en una infraestructura flexible y una lógica de crecimiento modular, encaja muy bien en la construcción de infraestructura aditiva, donde sus elementos se han construido y

mantenido gradualmente pero no reemplazado, de modo que nuevas funciones y servicios pueden integrarse en la infraestructura digital sin interrumpir el sistema base (Saltzer et al., 1984).

Redes de Banda Ancha

En los últimos 10 años, la demanda de acceso a Internet ha crecido, por lo que se ha establecido como política pública el fomento y adopción de banda ancha para acceso de Internet. Esta se define según la UIT como una capacidad de transmisión superior a la de la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) primaria, es decir, más de 1.5–2 Mbps. En términos prácticos, también se usa para velocidades de 256 kbps o superiores, aunque aclara que el umbral puede variar según el contexto y la evolución tecnológica. Por su parte ARCOTEL, establece que banda ancha es un servicio con velocidad mínima efectiva de descarga de 256 kbps y de subida de 128 kbps.

Infraestructura Distribuida de Red

Las redes de banda ancha poseen una infraestructura distribuida de la red, esta se define como un modelo arquitectónico esencial en el desarrollo de las telecomunicaciones y la computación actual. En lugar de centralizar todos los recursos y servicios en un solo punto, esta infraestructura distribuye los componentes de la red en múltiples nodos geográficamente dispersos, los cuales trabajan coordinadamente para ofrecer un servicio más eficiente y confiable (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

Este enfoque descentralizado proporciona múltiples ventajas, entre ellas una mayor resiliencia y escalabilidad. Al distribuir el procesamiento, el almacenamiento y los servicios cerca de los usuarios finales, se reduce la latencia y se mejora la velocidad de respuesta. Además, la redundancia que ofrece permite que, si un nodo falla, otros puedan mantener la operatividad de la red sin interrupciones significativas (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

Tecnologías de Acceso

La tecnología de acceso se refiere a los medios físicos e inalámbricos que conectan a los usuarios finales con la red principal. Esto abarca tecnologías fijas (FO, xDSL, cable coaxial) y tecnologías inalámbricas (LTE, 5G, Wi-Fi). La elección de la tecnología de acceso impacta directamente en la velocidad, estabilidad y cobertura del servicio y es crucial para facilitar la cobertura del servicio, especialmente en regiones rurales o de difícil acceso. (Systems, 2021).

Estas pueden dividirse en Tecnologías de acceso fija e Inalámbricas

Tecnologías de Acceso Fijo

Las tecnologías de acceso fijo implementan medios físicos (por ejemplo, cables) que conectan hogares o negocios con la red. Algunas de las más comunes incluyen:

- ***Cable coaxial:*** Cubierto principalmente por la televisión por cable, pero utilizado principalmente para facilitar la provisión de servicio de Internet de alta velocidad mediante tecnologías como DOCSIS (Systems, 2021).
- ***DSL (Línea de Abonado Digital):*** Una línea telefónica de cobre se utiliza comúnmente para enviar datos digitales con velocidades variables dependiendo de la distancia desde la central telefónica (Kurose & Ross, 2020).

-ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line): Este es el tipo más común de DSL, ofreciendo velocidades de descarga más altas que las de subida; este tipo de DSL es apropiado para usuarios residenciales que consumen más datos de los que envían (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

-SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line): Proporciona velocidades de subida y bajada iguales, lo cual es ideal para negocios o usuarios finales que exponen datos. (Stallings, 2015).

-VDSL (Very High Bitrate Digital Subscriber Line): Abonado Digital de Muy Alta Velocidad): Este tipo puede alcanzar velocidades significativamente superiores a ADSL, hasta decenas de Mbps, pero el alcance es más corto debido a la atenuación del cobre; es prevalente en despliegues de fibra hasta el nodo (FTTN) (Kurose & Ross, 2020).

- IDSL (ISDN Digital Subscriber Lin: es una mezcla de tecnología RDSI y DSL, que ofrece velocidades moderadas que permiten el uso simultáneo para voz y datos (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

- G.fast: La tecnología DSL más nueva que puede operar a velocidades de hasta 1 Gbps en distancias muy cortas (menos de 250 metros) y acelera las conexiones de fibra (I.T.U.-T., n.d.).

- **FO:** Ofrece altas velocidades de transmisión además de gran capacidad, la tecnología más avanzada para el acceso a Internet tanto en el ámbito residencial como empresarial (Systems, 2021).

-GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network): El primero de estos diseños de evolución en ser implementado en la misma fibra que GPON. Para satisfacer la demanda de servicios de video y nube (I.T.U.-T., n.d.).

-XG-PON (10 Gigabit-capable PON Fue la evolución 1, utilizada en la misma fibra que GPON. Aumentó la capacidad a 10 Gbps de bajada y a 2.5 Gbps de subida para satisfacer la demanda de servicios de video y nube (Telecomunicaciones & Telecomunicaciones, n.d.-a)

-XGS-PON (10 Gigabit-capable Symmetric PON): El PON más utilizado hasta ahora y se distingue por una velocidad dividida simétrica de 10 Gbps (bajada y subida). Esta simetría es importante para usuarios avanzados y para el backhaul de redes móviles 5G (bajada y

subida). Esta simetría es crucial para usuarios avanzados y para el backhaul de redes móviles 5G (Telecomunicaciones & Telecomunicaciones, n.d.)

-NG-PON2 (Next-Generation PON 2): Es el primer desarrollo tecnológico importante basado en PON y utiliza multiplexación por división de tiempo y longitud de onda (TWDM-PON). Combina muchos canales a un nivel de 40 Gbps simétricos, lo que ayuda a armonizar todos los servicios residenciales y empresariales (Telecomunicaciones & Telecomunicaciones, n.d.-c)

-50G-PON (Higher Speed PON): Última generación, establecida para apoyar los futuros requisitos de 6G e Industria 4.0. Garantiza 50 Gbps (Telecomunicaciones & Telecomunicaciones, n.d.-b)

Tecnologías de Acceso Inalámbrico

Estas tecnologías utilizan ondas de radio u otros medios inalámbricos para conectar a los usuarios, facilitando la movilidad y el acceso en áreas donde el cableado es poco práctico.

- **Wi-Fi:** Proporciona conectividad local en hogares, oficinas y espacios públicos, con varias versiones que ofrecen diferentes velocidades y alcances (Systems, 2019)

- **Redes móviles (3G, 4G, 5G):** Permiten acceso a Internet a través de redes celulares, con 5G ofreciendo velocidades muy altas y baja latencia, posibilitando nuevas aplicaciones como IoT y realidad aumentada (Telecomunicaciones & Telecomunicaciones, n.d.-b)

A continuación, en la tabla 6 se muestran las diferentes generaciones de telefonía móvil celular.

Tabla 6*Generaciones de Telefonía Móvil Celular*

Generación	Año	Servicios
1G	1980	Transmisión exclusiva de voz.
2G	1985	Mensajes de texto (SMS), servicios básicos de datos.
3G	2000	Acceso a internet móvil, streaming básico, email.
4G	2010	Videollamadas HD, juegos en línea, apps avanzadas.
5G	2020	IoT, vehículos autónomos, Realidad Aumentada

Nota. Tomado de Tanenbaum & Wetherall (2011)

Cables Submarinos, Puntos de Interconexión IXP, Redes de Distribución de Contenido**CDN y centros de datos**

Los cables submarinos son la infraestructura física que conecta continentes y permite la transferencia de volúmenes de datos a través de los océanos. Representan más del 95 % del tráfico internacional de Internet, facilitando comunicaciones globales con alta capacidad y baja latencia (TeleGeography, 2025)

Un Punto de Intercambio de Tráfico (IXP) es una infraestructura física neutral (generalmente un conjunto de *switches* de red en un centro de datos) donde múltiples Sistemas Autónomos (ISPs, operadores de Redes de Distribución de Contenido (CDN) y empresas) pueden conectarse para intercambiar tráfico localmente (O.E.C.D., 2021).

El IXP actúa como un mercado o plaza pública para el peering. En lugar de tener que lidiar con conexiones físicas bilaterales costosas con cada red, un ISP solo necesita una

conexión al IXP. Al hacerlo, puede establecer acuerdos de peering con docenas o cientos de otras redes presentes (Norton, 2012).

Un punto de intercambio de Internet, IXP, es un lugar donde los proveedores de servicios y las redes pueden intercambiar tráfico localmente, de esta manera ahorrando costos y mejorando el rendimiento de la red adecuado.(Norton, 2012).

Un CDN, por otro lado, CDN es un sistema de servidores distribuidos geográficamente que trabajan juntos en colaboración y entregan rápidamente y eficaz elementos web en contenidos que abarcan imágenes, videos, hojas de estilo, scripts, entre otros. Un objetivo ideal clave del CDN no es albergar los datos (Vakali & Pallis, 2003).

El objetivo principal de un CDN es almacenar en *caché* copias de ese contenido en puntos de presencia (PoP) que acerca la información al usuario final (Nygren et al., 2010).

Centro de Datos

Los centros de datos son instalaciones diseñadas para alojar servidores, sistemas de almacenamiento y equipos de red en un entorno seguro y controlado. Proveen energía redundante, climatización y seguridad física para asegurar la disponibilidad continua de servicios digitales. Además, los centros de datos están interconectados con la infraestructura global, permitiendo un acceso rápido y fiable a aplicaciones y datos (Barroso et al., 2013). En la Tabla 7, se observan los tipos de centros de datos.

Tabla 7

Tipos de Centros de Datos.

Nivel TIER	Características Clave
TIER I	Capacidad mínima
	No tiene redundancia.
	Componentes básicos.
TIER II	Componentes Redundante
	Redundancia

Nivel TIER	Características Clave
TIER III	Un solo camino de distribución.
	Mantenimiento Concurrente
	Múltiples caminos para energía y refrigeración.
TIER IV	los componentes pueden ser sustituidos sin apagar los equipos.
	Tiene una alta tolerancia a errores
	Completamente redundante (todo duplicado).
	Múltiples caminos activos de energía y refrigeración.
	Aislamiento de fallos.

Nota. Tomado de Barroso et al (2013).

En conclusión, este capítulo establece los cimientos técnicos de la Internet moderna. Se inició con la definición de protocolos de comunicación como el lenguaje universal de la red, se exploraron las diversas tecnologías de conectividad y se identificaron los componentes para la operación. Los cables submarinos que unen continentes, los IXPs que son las principales intersecciones de tráfico, las CDNs que optimizan la entrega de contenido, y los Centros de Datos que constituyen el hogar físico de la nube. Una vez definidas estas piezas de hardware y software, el análisis debe ahora centrarse en entender cómo estos elementos interactúan dentro del ecosistema de Internet. El próximo capítulo se centrará en este ecosistema, examinando actores humanos, económicos y políticos que operan y regulan esta infraestructura; desde las organizaciones de gobernanza y estandarización (como ICANN y el IETF) hasta los modelos de negocio de los gigantes tecnológicos y los Proveedores de Servicios de Internet (ISP). La Figura 4 muestra los elementos que conforman el ecosistema de Internet.

Figura 4
Elementos del ecosistema de Internet



Nota. Tomado de Society, (2014)

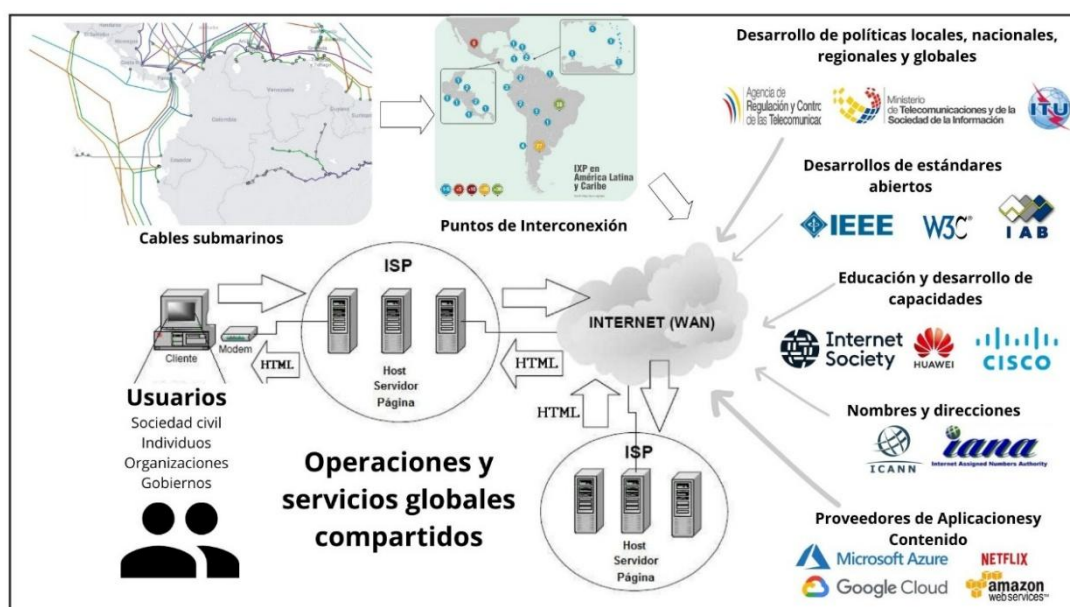
Capítulo III

Actores Involucrados en el Servicio de Internet

Como se había mencionado en el Capítulo II, para que los usuarios de Internet puedan navegar y acceder a diferentes páginas, existe un ecosistema de elementos y actores que trabajan en conjunto. En este capítulo, se pretende analizar el papel que cumplen estos actores en el despliegue de infraestructura. En la Figura 5 se muestran los actores que forman parte del ecosistema de Internet.

Figura 5

Elementos del ecosistema del Internet.



Nota. Elaboración propia.

Actores del Ecosistema de Internet

Operadores y proveedores

Los operadores y proveedores dentro del ecosistema de Internet gestionan la conectividad global, nacional y local a través de una estructura jerárquica que puede ser segmentada en dos grandes categorías.

- Proveedores de Infraestructura Física
- Proveedores de Aplicaciones y contenido

Proveedores de Infraestructura Física (Backbone Global). En la base del ecosistema se encuentra la infraestructura física global. Esta capa está dominada por los operadores de redes troncales (TIER 1), que poseen y operan las redes de FO de alta capacidad, tanto terrestres como submarinas, que conectan continentes y países. Según Panduit (2020) la infraestructura de red es imprescindible para satisfacer la alta demanda de comunicaciones y de Internet, ya que soporta elementos críticos como centros de datos, puntos de interconexión, entre otros.

Redes de FO Submarina. La conexión de cables submarinos es indispensable para el tráfico de datos internacional, existen 68 cables submarinos, que conectan 48 países dentro de la región de América Latina y el Caribe con otras regiones. Estos cables no solo conectan con Estados Unidos, también con Europa y África (Echeberría, 2020).

Históricamente, estos cables pertenecen a consorcios de operadores de telecomunicaciones como Telefónica/Telxius con el SAM-1 cuya sede central está ubicada en España. Sin embargo, la dinámica ha cambiado drásticamente, los grandes proveedores de aplicaciones y contenidos (PAC) se han convertido en actores clave en el financiamiento y despliegue de nueva infraestructura. Cables como Monet que conecta Estados Unidos con Brasil; Tannat que conecta Brasil, Argentina y Uruguay; Curie (propiedad de Google) conecta Estados Unidos con Chile y Malbec (en sociedad con Meta/Facebook) que conecta Argentina con Brasil, todos estos demuestran que los PAC están invirtiendo directamente en el backbone global para garantizar la capacidad que sus servicios demandan (Echeberría, 2020; cet.la, 2025).

Por otro lado, la infraestructura de cables submarinos enfrenta un desafío de sostenibilidad, la vida útil es de 25 años y existen 18 cables para transmisión de datos que

tienen 20 años. Lo que implica una reinversión con el objetivo de mantener una conectividad a nivel regional (Echeberría, 2020). Según el Submarine Telecoms Forum (2025) los costos operativos y el mantenimiento de cables submarinos que han cumplido su ciclo de vida resulta más alto que el beneficio que ofrecen por la capacidad de transmisión de datos frente a las nuevas tecnologías. Se requiere una innovación con técnicas de Multiplexación por División Espacial (SDM) con cables de fibra que maximicen el número de hilos (24 pares de fibra) y puedan transportar hasta petabits de datos. Para países en vías de desarrollo hay instituciones como los Bancos de Desarrollo (MDBs) que brindan financiamiento y han permitido la inversión de \$11,7 mil millones en infraestructura de cables submarinos entre 2015 y 2025 y se prevé que entre 2026 y 2027 estas instituciones permitan reinvertir entre \$11 y \$13 mil millones para sustituir los cables submarinos que están por cumplir su ciclo de vida útil (Bnamericas, 2026).

Existen 570 cables en 2025 y 81 planificados, estos transportan entre el 97% y el 98% del tráfico de Internet intercontinental y son la columna vertebral de las comunicaciones modernas. No obstante, son vulnerables por su exposición a la naturaleza (TeleGeography, 2025).

Ante la exposición de cables submarinos, la Unión Europea (UE) toma la iniciativa de prevenir las fallas a través de un plan de acción que involucra un enfoque de cooperación transnacional y operación público-privada para un mantenimiento preventivo de los mismos (Internet Society, 2025). Esto con el objetivo de evitar cortes y cuellos de botella provocados por eventualidades, y garantizar la disponibilidad de todo el ancho de banda internacional que ofrecen los cables submarinos desplegados. Para el análisis es indispensable definir cuáles son los principales cables submarinos que permiten a los países de estudio interconectarse con el resto del mundo junto con la longitud, el propietario y el país.

En la Tabla 8 se detallan los principales cables submarinos que conectan a los países de estudio.

Tabla 8

Cables Submarinos en Sudamérica.

Nombre	Año	Propietarios	Largo (Km)	País
Firmina	2024	Google	14500	Argentina, Brasil (y Uruguay/EE.UU.)
Mistral (SPSC)	2021	Telxius, América Móvil	7300	Ecuador, Chile (y Perú/Guatemala)
South American Crossing (SAC)	2000	Telecom Italia Sparkle, CenturyLink	18 335	Argentina, Chile, Colombia
South America-1 (SAm-1)	2001	Telxius	23,649	Argentina, Chile, Ecuador
Atlantis-2	2000	Consortio (Telefónica, Telecom Argentina, Embratel, etc.)	8500	Argentina, Brasil
Tannat	2018	Google, Antel Uruguay	1,763	Argentina, Uruguay y Brasil
Malbec	2020	GlobeNet, Meta	2500	Argentina, Brasil
Pan American (PAN-AM)	1999	Consortio (AT&T, Entel, Telefónica, etc.)	7,689	Ecuador, Chile, Perú y Colombia
America Movil-Telxius West Coast	2021	América Móvil, Telxius	8,498	Ecuador, Chile y Perú
Seabras-1	2017	Seaborn Networks	10,800	Brasil
AMX-1	2014	América Móvil	17,800	
Monet	2017	Google, Angola Cables, Algar, Antel	10,556	
BRUSA	2018	Telxius	11	
SACS	2018	Angola Cables	6,165	
SAIL	2018	Camtel, China Unicom	5,800	Chile
Americas-II	2000	Consortio (Embratel, AT&T, etc.)	8,373	
EllaLink	2020	EllaLink Group	6,200	
Prat	2020	Gtd Teleductos S.A.	2,989	Argentina
Curie	2020	Google	9,624	
Unisur	1995	Antel Uruguay, Telxius	265	
ARSAT	2012	ARSAT	34	

Nombre	Año	Propietarios	Largo (Km)	País
Galápagos Cable	2023	CNT EP, Xtera	1280	Ecuador

Nota. Tomado de TeleGeography (2025).

Sudamérica cuenta con 80 cables submarinos aproximadamente, esta cifra incluye proyectos en desarrollo (TeleGeography, 2025). El país que lidera la lista de conectividad es Brasil con 22 cables, le sigue Colombia con 12, Chile con 9, Argentina con 7 y Ecuador con 6. Entre los principales proyectos destacan el Cable Humboldt que conecta Chile con la Polinesia Francesa y Australia se espera que esté listo en 2026; Cable Firmina propiedad de Google que conecta Estados Unidos con Argentina y Deep Blue One que pretende mejorar la conexión entre el Caribe y Sudamérica, incluye países como Guyana, Surinam y Guayana Francesa (TeleGeography, 2025).

Ecuador está conectado a la red global de telecomunicaciones principalmente a través de varios cables submarinos de FO que llegan a sus costas, como el Panamericano (PAN AM), uno de los primeros, aunque ya está al final de su vida útil, y el South America-1 (SAm-1). Una mejora significativa en la conectividad la proporcionó el Pacific Caribbean Cable System (PCCS), que conecta a Ecuador con Panamá, el Caribe y Estados Unidos. Por otro lado y más recientemente, se puso en funcionamiento el cable Mistral también conocido como el cable del Pacífico Sur, impulsado por Telxius y Claro, que recorre la costa del Pacífico desde Guatemala hasta Chile con una gran capacidad (Bnamericas, 2021). Además, el proyecto Galápagos Cable System que busca mejorar la conectividad en el archipiélago que fue lanzado en el boletín oficial de la Arcotel en 2022 y según TeleGeography (2025) estará operativo en 2027.

Ecuador continental se conecta al backbone global a través de cinco cables submarinos principales que aterrizan en Manta, Salinas y Punta Carnero. Estos cables son vitales para toda la conectividad internacional del país (Echeberría, 2020). En la Tabla 9 se puede apreciar los

cables de FO Submarinos que arriban al Ecuador junto al año, los propietarios de los cables, la capacidad de cada cable en [Tbps] y la longitud del cable medida en kilómetros.

Tabla 9

Cables Submarinos con Puertos de Amarre en Ecuador

Nombre	Año	Propietarios	Capacidad (Tbps)	Largo (Km)
(PAN-AM)	1999	Consortio (AT&T, Entel, Telefónica, CNT)	300	7,689
(SAm-1)	2001	Telxius	2	23,649
PCCS	2015	Consortio (C&W, Telefónica, etc.)	10	6,559
America Movil-Telxius West Coast	2021	América Móvil, Telxius	108	8,498
SPSCs/ Mistral				
AURORA	2021	FP Telecoms	15	4,288

Nota. Tomado de Echeberría (2020).

Los cables descritos en la Tabla 9, son el pilar de la conectividad de Ecuador, proyectos como el despliegue del cable Submarino PCCS en 2015 y MISTRAL en 2021 han aportado capacidad de transmisión de datos, mejorando significativamente los servicios de telecomunicaciones. En la Figura 6 se aprecia, la distribución de cables submarinos en Sudamérica y en Ecuador.

El rol del operador neutral se limita a la gestión y el alquiler de los activos pasivos, los cuales son la parte más costosa y difícil de desplegar. Al hacerlo, eliminan la necesidad de que los proveedores más pequeños, conocidos como Operadores de Nivel 2 y 3 que generalmente son proveedores locales o regionales que no poseen grandes redes troncales como los gigantes de telecomunicaciones o TIER 1, tengan que realizar la enorme inversión inicial para tender su propia red física.

Los operadores de Nivel 2 y 3 simplemente alquilan la capacidad de la red neutral, instalan su equipamiento electrónico y se concentran en la venta de servicios (Internet, telefonía, TV) al consumidor final, lo que impulsa la competencia, reduce la brecha digital y abarata los costos de entrada al mercado para las empresas más pequeñas. (Echeberría, 2020). La Tabla 10 y 11 muestra el modelo de la Arquitectura de Internet y los principales proveedores de infraestructura neutral.

Tabla 10

Modelo de Arquitectura Internet

Nivel (Tier)	Denominación Común	Rol en el Ecosistema
Infraestructura Neutral	Operador	Dueño y gestor de la red física (fibra, torres, etc.). Su único cliente son los operadores de servicios.
Tier 1	Operador Global	Proveedores de tránsito de Internet a nivel global.
Tier 2	Operador Nacional	Operan redes nacionales o regionales o nacionales.
Tier 3	Operador Local	Son los encargados de administrar la última milla o red de acceso.

Nota. Tomado de TeleGeography, (2025)

Tabla 11

Proveedores de Infraestructura Neutral

Tipo de Proveedor	Rol en el Ecosistema	Ejemplos en la Región y Países Clave
NetCos	Poseen la FO de la última milla.	OnNet Fibra (Chile, Colombia), V.tal (Brasil, surgida del <i>backbone</i> de Oi), FiBrasil (Brasil).
InfraCos	Poseen y operan la infraestructura pasiva	American Tower (múltiples países), IHS Towers (múltiples países, como la adquisición de FiberCo en Brasil).
Operadores Mayoristas	Proveen capacidad de red troncal (<i>backbone</i>)	InterNexa (Colombia y regional), UFINET (regional), Telxius (cables submarinos y torres).

Nota. Tomado de TeleGeography, 2025)

Según el Banco Internacional de Desarrollo (BID) en 2023, el despliegue de FO está atravesando un gran momento por su crecimiento constante debido a la demanda de banda ancha y de menores latencias. Por ello, los proveedores de servicio a Internet (ISP) han migrado a una tecnología de FO en su última milla. El crecimiento entre 2016 y 2021 en cobertura ha sido de 103 millones de hogares, mientras que el número de suscriptores ha sido de 46 millones en el mismo período de tiempo en Latinoamérica. Es importante enfatizar una diferencia clave entre la cobertura y la penetración de servicios Fiber To The Home FTTH, pues, muchos hogares son pasados con FO (cobertura) pero no son suscriptores o no son el mercado objetivo de una empresa (penetración) (Latina et al., 2023). Además, ha existido un creciente despliegue de FO principalmente en 3 países de Latinoamérica, entre estos: Argentina, Brasil y Chile. Que concentran el 90% de cobertura a nivel regional. Brasil lidera con una cobertura del 51%, de este porcentaje, el 57% corresponde a suscriptores del servicio de FO, es decir, hace uso de la infraestructura desplegada. Al respecto García Zaballos et al (2023) indica que para mantener un crecimiento constante, se requiere una inversión de \$134

000 millones de dólares entre 2023 y 2030 en toda la región. La Tabla 12 detalla la cobertura y suscriptores en los países de análisis.

Tabla 12

Porcentaje de cobertura y número de suscriptores de FO.

País	Hogares con Acceso a FO FTTH/B (Millones)	Suscriptores FTTH (Millones)	Tasa De Crecimiento Anual de suscriptores de FO
Brasil	52,367	26,299	99%
Argentina	7,5014	2,0815	89%
Chile	5,3017	2,4318	62%
Ecuador	2,3123	1,4224	47%

Nota. Tomado de BID (2023).

Puntos de Intercambio de Tráfico (Internet Exchange Point -IXP). Los puntos de interconexión hacen que curse tráfico Internacional mientras que los IXPs son los nodos a los que se conectan los proveedores de Internet ISPs y CDNs se interconecten directamente, un proceso conocido como peering. Esta interconexión local es fundamental para la eficiencia del ecosistema, ya que reduce la dependencia del tránsito IP internacional, disminuye drásticamente la latencia para los usuarios finales y reduce los costos operativos de los proveedores (Echeberría, 2020; Society, 2019) En la Tabla 13 se detallan los principales puntos de Intercambio de tráfico IXP.

Tabla 13

Principales Puntos de Intercambio de Tráfico (IXP) en Sudamérica.

País	Nombre del IXP	Métricas y Operador Clave
Brasil	IX.br (São Paulo)	Operador CGI.br. Métricas: 31 PTTs
Argentina	CABASE	Operador: Cámara Argentina de Internet. Métricas: 31 IXPs,
Chile	PIT Chile	Operador: PIT Chile A.G. Métricas:
Ecuador	NAP.ec	Operador: AEPROVI.

Nota. Tomado de Echeberría (2020) y Formoso (n.d.).

A nivel nacional, la interconexión es gestionada por el IXP (o NAP) de Ecuador. A diferencia de los modelos de Brasil o Argentina, el informe de CEPAL (Echeberría, 2020) no incluyó a Ecuador en su análisis detallado de IXPs. Sin embargo, el informe del BID resalta como una recomendación clave la "Creación y gestión de un IXP neutro a través de la asociación de operadores y proveedores", sugiriendo que la infraestructura existente en 2020 requería una consolidación y fortalecimiento significativos para cumplir su rol de manera efectiva (Rivera et al., 2020). En la Tabla 14 se muestran los principales puntos de Interconexión IXP que tiene Ecuador. Así mismo en la Figura 7, se muestra los IXP en el mapa.

Tabla 14
Puntos de Intercambio de Tráfico (IXP) en Ecuador

País	Nombre del IXP	Operador/Métricas Clave
Ecuador	NAP.ec (Quito y Guayaquil), IX APROSBA; IXP.EC	Operadores: AEPROVI (Asociación Ecuatoriana de Proveedores de Internet).

Nota. Elaborado a partir de LACNIC (2022) y Rivera Zapata et al. (2020).

Figura 7
Puntos de Interconexión en Ecuador



Nota. Tomado de (Formoso, 2024)

Proveedores de Servicios de Internet (ISPs), Operadores Fijos y Móviles. Los ISPs son los actores más comúnmente asociados con la "provisión" de Internet. Operan en una jerarquía (Tier 1, 2, 3) y son responsables de la conectividad de "última milla", llevando el servicio hasta el cliente final (Álvarez Amézquita et al., 2009)

En la práctica, los grandes Operadores de Telefonía Móvil son también los Operadores de Red fijos (ISPs) más importantes del mercado, controlando la infraestructura de "última milla", ya sea inalámbrico a través de torres de telefonía celular (redes 3G, 4G, 5G) o redes de FO y cable (HFC) hasta el hogar (cet.la, 2025).

La inversión en esta infraestructura ha promovido un crecimiento constante en operadores de red Tier 2 y Tier 3. A nivel local y regional estos operadores pueden ser de Red Fija (FO) y Móvil (3G/4G/5G). En América Latina, el mercado está muy influenciado por grandes grupos regionales que se pueden apreciar en la Tabla 15.

Tabla 15

Principales Operadores de Red (ISPs y Móviles) en Países Seleccionados

País	Principales Grupos Empresariales y Marcas	Servicios Clave
Ecuador	América Móvil (Claro)	Móvil, Internet Fijo
	Telefónica (Movistar) Actualmente	Móvil, Internet Fijo
	Millicom (Tigo)	
	CNT E.P. (Estatad)	Móvil, Internet Fijo
Brasil	Telefónica (Vivo)	Móvil, Internet Fijo
	América Móvil (Claro)	Móvil, Internet Fijo (HFC/Fibra)
	TIM Brasil (Telecom Italia)	Móvil, Internet Fijo
Argentina	Telecom Argentina (Personal, Fibertel)	Móvil, Internet Fijo (HFC/Fibra)
	Telefónica (Movistar)	Móvil, Internet Fijo
Chile	Entel	Móvil, Internet Fijo
	Telefónica (Movistar)	Móvil, Internet Fijo
	Liberty Latin America (VTR, Mundo)	Móvil, Internet Fijo

País	Principales Grupos Empresariales y Marcas	Servicios Clave
	América Móvil (Claro)	Móvil, Internet Fijo
	Millicom (Tigo)	Móvil, Internet Fijo
	Telefónica (Movistar)	Móvil, Internet Fijo

Nota. Elaborado a partir de cet.la (2025) y los informes de los reguladores nacionales.

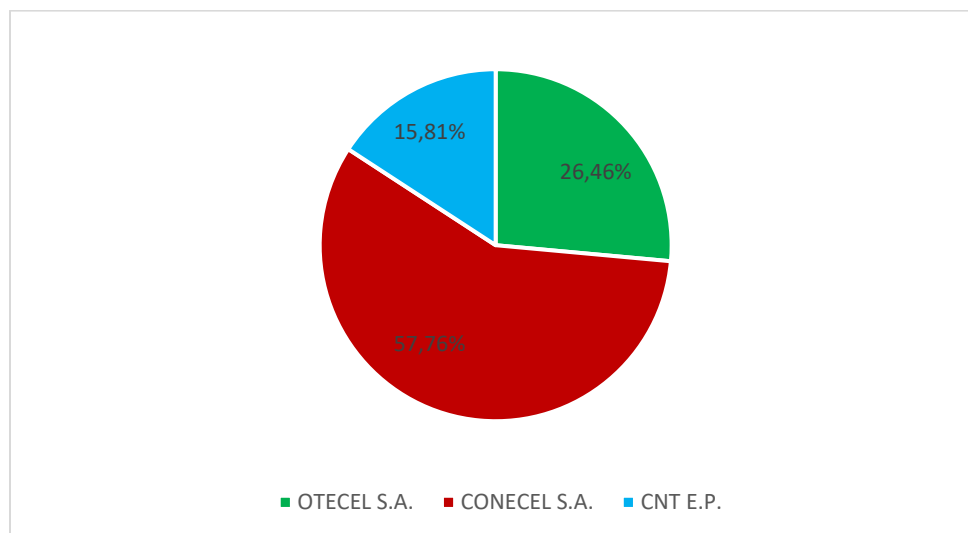
Según Rivera Zapata et al. (2020) un informe del Desarrollo de Banda Ancha (BID) señala que, en 2018, de 441 operadores registrados, solo 6 concentraban el 91.3% del mercado de Internet fijo. De manera crucial, en Ecuador, por ejemplo, la empresa estatal CNT EP controlaba casi la mitad (48%) del mercado fijo en ese momento.

Sin embargo, a 2025 muestra una transformación radical de esta estructura de mercado. La masiva inversión en FO hasta el hogar (FTTH) por parte de operadores privados, impulsada por la infraestructura neutral y el ecosistema de *colocación*, ha fracturado la histórica dominancia de CNT. La cuota de mercado de la empresa estatal ha caído drásticamente (alrededor del 15% según datos recientes de la ARCOTEL), cediendo el liderazgo a grandes operadores privados especializados en FTTH (como Netlife, bajo el grupo Megadatos) y a la competencia creciente de los pequeños ISPs (TIER 3). Esta fragmentación, si bien mantiene una concentración por parte de los operadores de FO más grandes, ha redefinido el mercado, migrando el foco del control estatal a una competencia de infraestructura que prioriza la velocidad y la calidad del servicio, dejando atrás las tecnologías de cobre y HFC que definían la concentración en 2018.

En cuanto a la tecnología de acceso, la FO ha crecido exponencialmente, multiplicándose por 10 entre 2012 y 2018, llegando a representar el 27.6% de todas las conexiones fijas, aunque las conexiones por Cobre y Coaxial seguían siendo dominantes con un 63.8% a 2020 (Rivera Zapata et al., 2020). En la Figura 8 y 9 se muestra la participación en el mercado de Operadores móviles y fijos respectivamente a nivel Nacional.

Figura 8

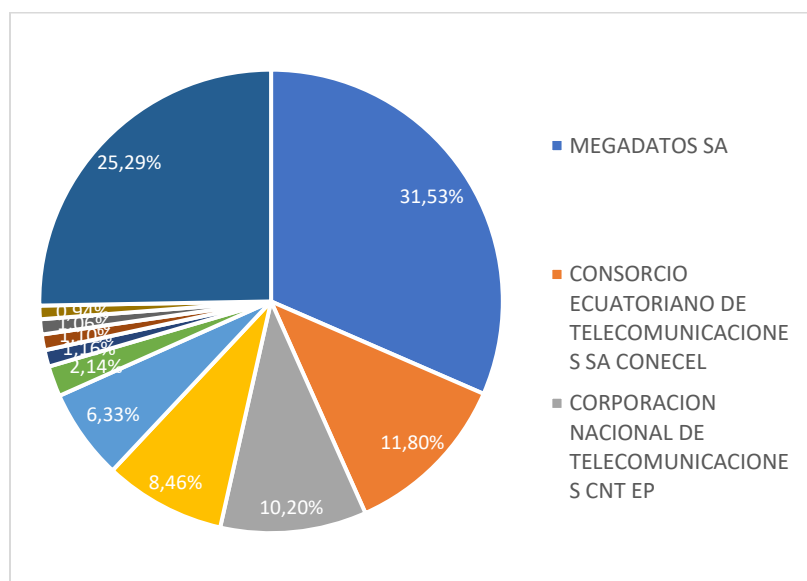
Usuarios de Internet móvil por prestador al III Trimestre de 2025.



Nota. Tomado de TeleSemana.com (2025)

Figura 9

Participación en el mercado de proveedores públicos de Banda Ancha Fija en septiembre de 2025.



Nota. Tomado de ARCOTEL (2025)

Proveedores de Aplicaciones y Contenidos (PAC). Los PACs, son las empresas que ofrecen servicios y contenido "por encima" de la infraestructura de red denominados Over The Top (OTTs). Aunque son usuarios de las redes, los OTTs han reconfigurado drásticamente el ecosistema.

El crecimiento exponencial del tráfico de Internet, especialmente el de video (que representa más del 70% del tráfico total), es impulsado casi en su totalidad por el grupo conformado por Amazon, Google, Meta, Alphabet, etc. La Tabla 16 muestra una descripción de los PACs. (cet.la, 2025).

Tabla 16
Principales PACs (por tráfico) en América Latina en 2025.

Proveedor	Servicios Clave	Impacto Clave en la Red
Netflix	Streaming	Principal impulsor del streaming de video de alta definición (4K).
Google (Alphabet)	YouTube	Mayor generador de tráfico de video a nivel global.
Meta	Facebook, Instagram, WhatsApp, Reels	Alto consumo de video de formato corto y redes sociales.
ByteDance	TikTok	Crecimiento explosivo de tráfico de video de formato corto.
Disney	Disney+, Star+	Creciente participación en el mercado de streaming de contenido premium.

Nota. Tomado de cet.la (2025)

Esta dinámica crea una tensión económica fundamental: los ISPs deben realizar inversiones masivas y continuas para modernizar y ampliar la capacidad de sus redes (FO, 5G) para poder cursar el tráfico que generan los OTTs.

En un informe de cet.la en 2025 se estima que las inversiones adicionales necesarias solo para cerrar la brecha digital y modernizar las redes en Latinoamérica ascienden a 17.100 millones de dólares, más otros 32.000 millones para ampliar la capacidad y absorber el

crecimiento del tráfico. Sin embargo, son los OTTs quienes capitalizan en mayor medida el valor de esos servicios ejerciendo presión sobre las empresas de telecomunicaciones tradicionales (cet.la, 2025)

Por otro lado, con el fin de mantener la calidad de servicio en los contenidos solicitados por los usuarios, han aparecido nuevos actores como los proveedores de distribución de contenido, estos proveedores se encargan de acercar los datos a los usuarios para mejorar las métricas de rendimiento de las redes.

Proveedores de Redes de Distribución de Contenido (Content Delivery Networks-CDNs). Las CDNs distribuyen copias de contenido en múltiples dispositivos que constituyen servidores réplicas, capaces de albergar información y actualizarse constantemente, estos están geográficamente dispersos, optimizando la entrega de contenido y mejorando la experiencia del usuario final (Nygren et al., 2010). Finalmente, los servidores son nodos esenciales que almacenan y gestionan datos y aplicaciones, asegurando que la información esté disponible para los usuarios cuando la solicitan y que no se produzcan caídas del servicio (Tanenbaum & Wetherall, 2011), los principales CDNs se visualizan en la Tabla 17. Así mismo, en la Figura 10, se muestra la distribución a nivel mundial.

Tabla 17

Principales CDNs América Latina

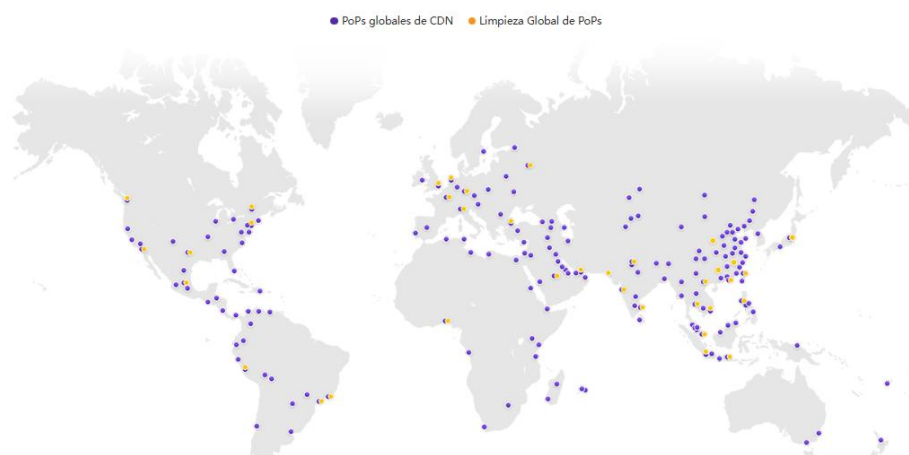
Rango	Proveedor de CDN	Cuota de Mercado	Nota Clave
1	Cloudflare	80%	Domina el mercado en términos de <i>cantidad</i> de sitios web, desde blogs personales hasta grandes empresas, (Cloudflare, 2024).
2	Amazon CloudFront	3%	Es el líder en el segmento de Nube. Su cuota real es mayor si se considera el tráfico de aplicaciones, (Gartner, 2023).
3	Akamai	1%	A pesar de su baja cuota en <i>sitios web</i> , (Fortune 500, <i>streaming</i> masivo).

Rango	Proveedor de CDN	Cuota de Mercado	Nota Clave
4	Google Cloud CDN	4%	Integrado con Google Cloud Platform, utiliza la misma infraestructura de red global que usa Google para sus propios servicios (como YouTube y el Buscador).
5	Fastly	1%	Conocido por su alto rendimiento y control de caché instantáneo, popular entre sitios de noticias y comercio electrónico de alto tráfico que necesitan actualizaciones en tiempo real.

Nota. Tomado de PeeringDB (n.d.).

Figura 10

Distribución de redes de contenidos.



Nota. Tomado de Cloudflare (2025)

Centros de Datos (Data Centers). Los Centros de Datos son la infraestructura física alojan tanto los IXPs como los PoPs de las CDNs, además de ser considerados como el pilar del negocio de *cloud computing* (Amazon AWS, Google Cloud, Microsoft Azure). Según Echeberría (2020) su desarrollo es un indicador clave de la madurez digital de un país dado que permite acercar los datos hacia los usuarios y brindar servicios en la nube que a día de hoy son usados por empresas y consumidores. El mercado de Data Centers en Sudamérica,

aunque en crecimiento, está concentrado en Brasil siendo este el referente regional de centros de datos y en menor medida, en Chile, que atraen las mayores inversiones para instalaciones de centros de datos. En la Tabla 18 se detallan los principales actores de los centros de datos para los países de análisis junto con la categorización descrita de centros de datos a los que pertenecen.

Tabla 18

Principales Actores de Centros de Datos en Países Seleccionados.

País	Principales Operadores de Data Centers (Propietarios)	Nivel TIER Típico de los DC Principales
Argentina	Telefónica, EdgeConneX, Telecom Argentina, Claro, ARSAT (estatal), iPlan.	TIER III y TIER IV
Brasil	OData, UOL Diveo, Oi, Vivo Equinix, Ascenty, Tivit	TIER III y TIER IV.
Chile	Google (DC propio), Entel, Telefónica, Claro, GTD, Sonda, Adexus, Ascenty, EdgeConneX, Huawei.	TIER III y TIER IV
Ecuador	Telconet (NAP Ecuador), Internexa, CenturyLink/Lumen, Claro (Conecel), CNT (estatal),.	Generalmente TIER III Telconet.

Nota. Tomado de *Echeberría (2020)*

Usuarios

Finalmente, los usuarios son considerados la base del ecosistema, también la prioridad de los gobiernos y de los proveedores de servicios que unen esfuerzos con el objetivo de mejorar la calidad de servicio y reducir la brecha digital que persiste en Sudamérica. Los usuarios pueden dividirse en usuarios finales, prosumidores (Productores y consumidores de contenido) y en grupos de sociedad civil (Society, n.d.).

Usuarios Finales.

Según Rosario Peiró (2021) el usuario final es la persona que está al final de la cadena de valor o distribución. En el sector de las telecomunicaciones y la FO, el usuario final es el

hogar, la familia, o la empresa que contrata y consume directamente el servicio de internet, telefonía o televisión (Roasario Peiró, 2021).

Prosumidores (Productores y consumidores de Contenido).

Son aquellos usuarios que tienen la capacidad de crear y utilizar contenido de valor alojados dentro de las plataformas digitales. Según Octavio Islas (2008), Triviño y Crespo (2021) son usuarios que aportan valor y conocimiento a las redes de negocios en Internet.

Sociedad Civil.

La sociedad civil es una comunidad muy diversa de organizaciones establecidas sin fines de lucro que sirven a intereses individuales, grupales y comunitarios. Los grupos de la sociedad civil de Internet incluyen, entre otros, comunidades de base, medios de comunicación, jóvenes, género, pueblos indígenas, grupos de expertos, grupos de educación e investigación u otros grupos (Society, n.d.).

Como se describe el acceso a la conectividad en diferentes países, así como en Ecuador es el resultado de un ecosistema complejo e interconectado que abarca desde la infraestructura global hasta el consumo individual del Usuario Final. La base del servicio se establece con la Capa de Infraestructura Global, donde cables submarinos clave (como PCCS y Mistral) anclan en las costas para inyectar capacidad internacional. Esta capacidad es distribuida por la Capa Mayorista, liderada por los Operadores de Infraestructura Neutral (como Telconet y NAP Ecuador), que gestionan los grandes Data Centers (típicamente TIER III) y alquilan fibra a terceros. Esta neutralidad ha impulsado a la Capa de Servicios (conformada por los Operadores Tier 2 y 3 como Claro, CNT y numerosos ISPs locales) a competir activamente en el despliegue de la "última milla" con FO hasta el hogar (FTTH). Finalmente, el valor de toda esta red es capturado por la Capa de Contenido (OTT/Cloud), donde gigantes digitales (Netflix, YouTube, Meta) generan el tráfico masivo que consumen los usuarios finales ecuatorianos, cuyo perfil, según la definición de Octavio Islas, es cada vez más el de un "prosumidor" que

aporta valor a la red. Este modelo de negocio colaborativo, impulsado por una inversión constante en infraestructura de fibra, es lo que permite una mayor penetración, reduce la brecha digital y sostiene la calidad de servicio en todo el país.

Políticas de Acceso a Internet y Despliegue de la Infraestructura Física

Según un estudio realizado por la firma brasileña de soluciones estratégicas para empresas KPMG en 2021, hay un déficit en la provisión de infraestructura de Telecomunicaciones por falta de recursos económicos y un plan de infraestructura a largo plazo. No obstante, el sector privado ha contribuido significativamente en el despliegue de la infraestructura. Por esto, recomienda a los gobiernos despolitizar los procesos la toma de decisiones en proyectos de infraestructura, impulsar políticas que reduzcan la burocracia para posibilitar más inversiones con costos relativamente bajos (Fernando Faria et al., 2021). En este contexto, algunos países de la región han impulsado políticas para el despliegue de infraestructura que permitan establecer una hoja de ruta con objetivos claros a largo plazo y son descritos en la Tabla 19.

Tabla 19

Políticas de acceso a Internet y despliegue de Infraestructura en los países de análisis.

País	Instrumento Rector	Foco en 5G	Expansión de Fibra	Innovación Regulatoria
Ecuador	Plan Nacional de Telecomunicaciones 24-25	Despliegue comercial iniciado en 2025 por CNT; negociación activa para privados.	Meta de 86.7% de parroquias rurales con fibra para finales de 2025.	Plan de Soterramiento para reducir impacto visual y mejorar resiliencia.
Argentina	Plan Infraestructura Crítica 2025	Foco en Fixed Wireless Access (FWA) para cubrir áreas suburbanas rápidamente.	Fomento de Redes Neutras para que PyMEs den servicio de última milla.	Compartición obligatoria de infraestructura financiada con fondos públicos.

País	Instrumento Rector	Foco en 5G	Expansión de Fibra	Innovación Regulatoria
Brasil	Estrategia Amazonia Integrada	Líder regional: Meta de cubrir todos los municipios (5,570) para finales de 2026.	Uso de Infovías Subfluviales para conectar la región amazónica.	Modelo G4 (UIT): Regulación avanzada que premia la inversión sobre la recaudación.
Chile	Política Brecha Digital Cero	Consolidación de redes 5G Standalone (SA) para uso industrial y minero.	Proyecto FON: FO Nacional conectando casi todo el territorio.	Reducción de permisos para antenas municipales permisos municipales para antenas.

Nota. Tomado de MINTEL (2024), Poder ejecutivo Nacional de Argentina (2025), D.C.D (2026) y SUBTEL (2024)

Una vez definidos los actores involucrados en el ecosistema de Internet, se establecen métricas que midan su relación. Por ello, este estudio tiene el objetivo de analizar la evolución temporal que ha tenido la infraestructura de acceso a Internet con base en fuentes de información secundarias como un proxy, para determinar el estado actual de la infraestructura de telecomunicaciones para el despliegue de Internet en los países de estudio. Para ello, se han definido 4 pilares fundamentales, que se describen en la Tabla 20, donde se observan los indicadores que se van a usar en el análisis.

Tabla 20

Indicadores del estado de la Infraestructura para el servicio de Internet.

Pilar	Indicadores	Definición	Fuente de Información
Cables Submarinos	Capacidad de Cables Submarinos	Capacidad de Cables Submarinos en [Tbps].	TeleGeography
	Capacidad Iluminada y Equipada de Banda Ancha Internacional	Capacidad Iluminada y Equipada de Banda Ancha	UIT DataHub

Pilar	Indicadores	Definición	Fuente de Información
		Internacional [Mbps]	
	Ancho de Banda Internacional Usado	Ancho de Banda Internacional Usado [Mbps]	UIT DataHub
	Índice de Redundancia	Número de rutas físicas independientes	TeleGeography
	Puntos de Interconexión IXP	Número de Puntos de Interconexión IXP	Packet Clearing House
Backbone	Número de Centros de Datos	Número de Data Centers y su nivel categorizado	Data centers MAP
Proveedores de Servicio de Internet (ISP)	Kilómetros de FO de la red Troncal	Kilómetros de FO de la red Troncal en [km].	ARCOTEL, ENACOM, ANATEL y SUBTEL
	Números de Proveedores de Servicio de Internet	Cantidad de empresas registradas en los entes reguladores de cada país	ARCOTEL, ENACOM, ANATEL y SUBTEL
Acceso	Fijo	Penetración de Banda Ancha Fija, Cobertura de FO	GSMA Index y Centro de Base de datos de CEPAL
	Móvil	Penetración, cobertura 4G y 5G.	GSMA Index y Centro de Base de datos de CEPAL
Calidad de Servicio	Fijo	Carga, Descarga y Latencia	
	Móvil	Carga, Descarga y Latencia	GSMA Index
Asequibilidad de Servicio	Asequibilidad de la canasta básica (1GB)	porcentaje del Ingreso Nacional Bruto (INB) mensual per cápita necesario para adquirir una canasta de	GSMA Index

Pilar	Indicadores	Definición	Fuente de Información
		servicios de banda ancha móvil.	
	Asequibilidad de la canasta superior (5GB).	porcentaje del Ingreso Nacional Bruto (INB) mensual per cápita necesario para adquirir una canasta de servicios de banda ancha móvil.	GSMA Index
Uso de Internet	Personas que usan Internet	Porcentaje de personas que usan Internet	ARCOTEL, ENACOM, ANATEL y SUBTEL
	Personas que usan redes sociales	Porcentajes de personas que usan redes sociales	We are Social
Inversión	CAPEX en Infraestructura de Telecomunicaciones	Monto invertido anualmente en infraestructura de telecomunicaciones para servicio de Internet dividido por la población.	The Mobile Economy Latin America
	Inversión en FO	(red troncal+última milla) en millones de dólares	ARCOTEL, ENACOM, ANATEL y SUBTEL

Nota. Elaboración Propia

Capítulo IV

Análisis de Resultados

En este capítulo se analizan los indicadores seleccionados que permiten conocer el estado actual de la infraestructura de Internet en base a la estructura descrita en la Tabla 20. A continuación, se detallan los principales indicadores.

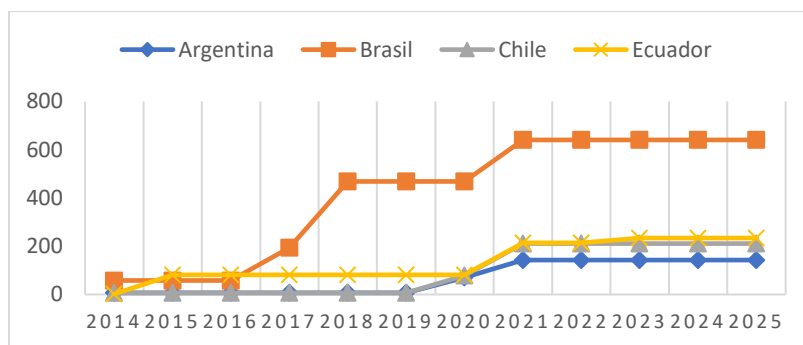
Indicadores de Cables Submarinos

Capacidad de cables Submarinos

Es un indicador relevante para el análisis de la infraestructura de Internet porque representa la puerta de entrada y salida que tiene un país hacia una interconexión global. Determina el ancho de banda total disponible a través de los cables submarinos que interconectan un país con el resto del mundo. La Figura 11 muestra la evolución de la capacidad de cables submarinos en los cuatro países de estudio (2014-2025).

Figura 11

Capacidad de Cables Submarinos en [Tbps].



Nota. Tomado de TeleGeography (2025).

En la Figura 11 se evidencia el crecimiento de la capacidad que ha tenido Brasil entre 2016 y 2018 añadiendo 2 cables submarinos a su sistema y alcanzando una capacidad total 640,52Tbps en 2025, seguido de Ecuador y Chile que muestran un crecimiento similar con

233,94 y 210,94 Tbps respectivamente en 2025. Por otro lado, Argentina tiene menor capacidad de cables submarinos porque cursa gran parte de su tráfico por FO terrestre conectada con Brasil. Además de la capacidad total de cables submarinos, es imprescindible determinar la capacidad iluminada y equipada de banda ancha internacional que cursa a través de estos cables, así mismo la carga promedio de tráfico que realmente cursa por los cables submarinos.

Ancho de Banda Internacional

Existen 2 indicadores para determinar la evolución del ancho de banda internacional.

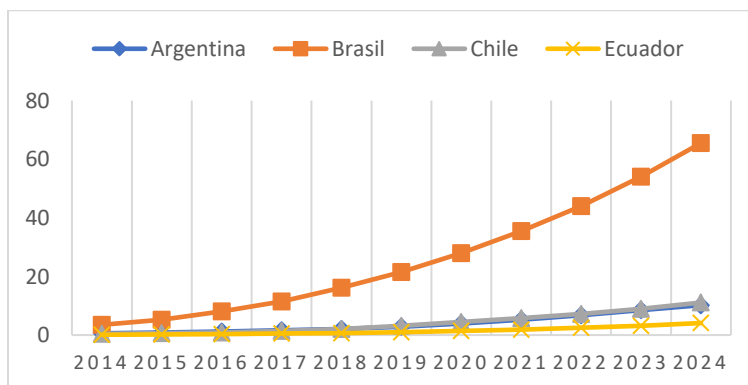
Ancho de Banda Internacional Usado: Es la media del tráfico real de datos que cursa a través de los enlaces de FO submarino. En la Figura 12 se muestra el crecimiento que ha tenido (2014-2023) (ITU DataHub, 2026b).

Capacidad Iluminada y Equipada de Banda Ancha Internacional: Es la capacidad Funcional del equipamiento y FO iluminada (ITU DataHub, 2026b).

Las Figuras 12 y 13 muestran la evolución de estos indicadores (2014-2023).

Figura 12

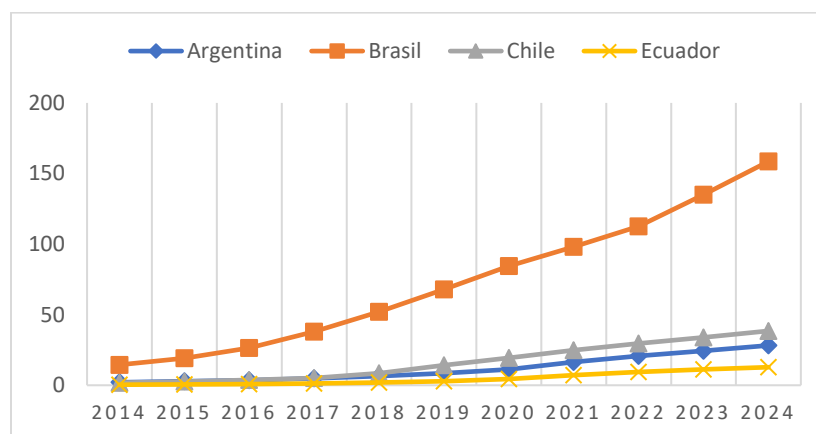
Media de Ancho de Banda Internacional Usado (Tbps)



Nota. Tomado de ITU DataHub (2026a)

Figura 13

Capacidad Iluminada y Equipada de Ancho de Banda Internacional (Tbps)

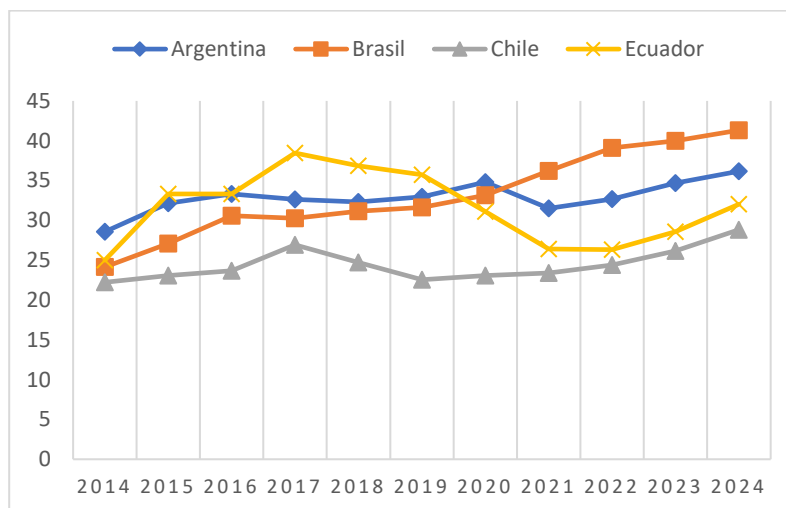


Nota. Tomado de ITU DataHub, (2026b)

Las Figuras 12 y 13 muestran una tendencia semejante. Brasil, crece exponencialmente en ancho de banda Internacional usado y capacidad iluminada pasando de 3,5Tbps a 65,5Tbps y de 14,5 Tbps a 158,5Tbps respectivamente. Por otro lado, Argentina, Chile y Ecuador muestran un crecimiento sostenido cuya escalada empieza en 2018 alcanzando capacidades de 38,5Tbps, 28,2Tbps y 12,8Tbps respectivamente en 2024. Para analizar a detalle la relación que existe entre estos indicadores se define la tasa de utilización del ancho de Banda Internacional como el porcentaje de uso de ancho de banda internacional respecto a la capacidad total iluminada y equipada a través de la siguiente ecuación.

$$Tasa\ de\ Utilización = \frac{Uso\ promedio\ de\ ancho\ de\ banda\ Internacional}{capacidad\ iluminada\ y\ equipada} (100) \quad (1)$$

La Figura 14 muestra el valor porcentual de ancho de banda utilizado respecto a la capacidad total iluminada en un período de 10 años.

Figura 14*Porcentaje de uso de Ancho de Banda Internacional*

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 14 se evidencia que Brasil pese a tener el mayor crecimiento en capacidad también tiene una alta tasa de utilización respecto a los demás países alcanzando el 41,34% en 2024, Argentina muestra una tendencia más estable con una utilización del 36,17% en 2024. No obstante, entre 2020 y 2021 hay una leve caída provocada por el despliegue del cable Malbec en 2021 que según la Figura 11 le permite alcanzar una capacidad de cables submarinos de 142,72Tbps. Así mismo, en Ecuador hay una caída de la tasa de utilización gracias al encendido del cuarto cable submarino denominado “MISTRAL” con una capacidad de 132 Tbps. Finalmente, Chile destaca como el caso de mayor eficiencia dado que su tasa de utilización es relativamente baja respecto a los demás países, oscilando entre 20% y el 25%, lo que denota un sobre provisionamiento aportando a la resiliencia de la red y brindando un margen de crecimiento masivo para soportar tecnologías sin saturar la red.

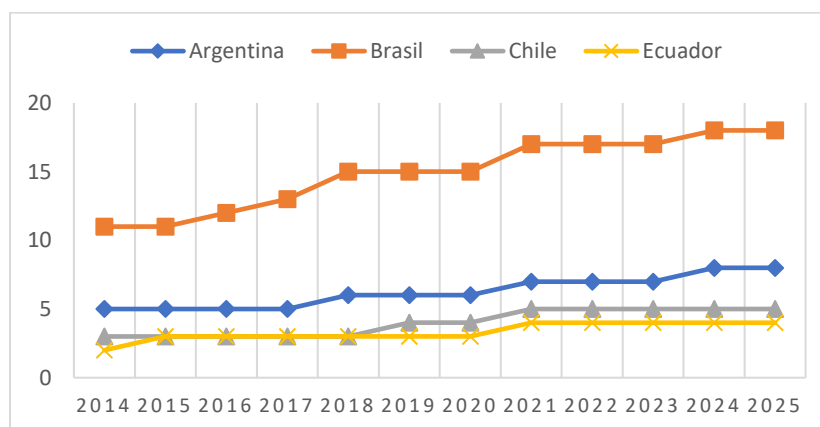
Una vez establecida la relación entre indicadores de ancho de banda internacional, es necesario determinar la resiliencia de los cables submarinos ante cortes. Para ello se define el índice de redundancia.

Índice de Redundancia

Mide la disponibilidad de rutas alternas que puede tomar el tráfico para no ser afectado a través del número de sistemas de cables operativos independientes. A mayor valor del índice menor el riesgo de un corte nacional. La Figura 15 muestra la evolución en el tiempo (2014-2025).

Figura 15

Redundancia de Cables Submarinos (2014-2025)



Nota. Tomado de TeleGeography (2025).

En la Figura 15 se observa que Brasil es líder regional pasando de 11 a 18 rutas de cables submarino. No obstante, tiene una mayor tasa de utilización de ancho de banda internacional lo que limita su resiliencia en la red. Argentina con 8 rutas independientes, tiene suficientes caminos para desviar tráfico ante fallas masivas. Chile tiene un mayor crecimiento entre 2018 y 2021, aunque solo disponga de 5 rutas de cables submarinos, su tasa de utilización es baja. Ecuador es el caso crítico porque hasta 2025 dispone de 4 rutas independientes pese a que la tasa de utilización sea más baja respecto a Brasil y Argentina. En

definitiva, se observa una relación directamente proporcional entre el índice de redundancia y la capacidad iluminada de cables submarinos.

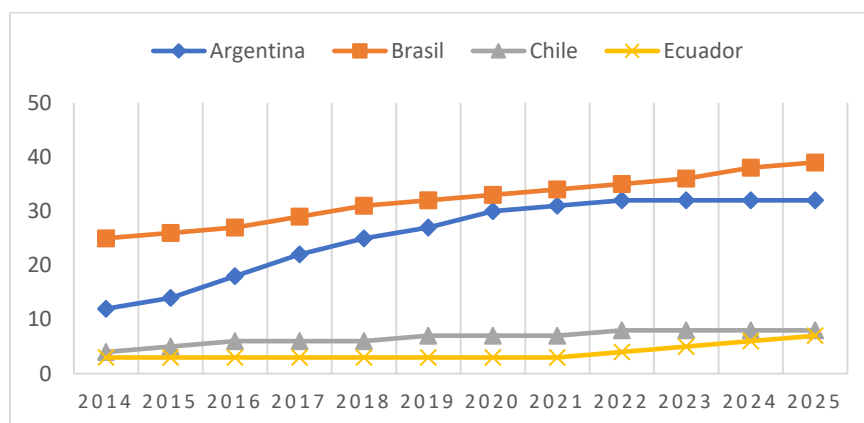
Después haber examinado cables submarinos, es relevante analizar la eficiencia de su tráfico interno, a través del número de IXP por país de estudio.

Número de IXP.

Es un indicador robusto, indica los puntos a donde llega el tráfico Internacional y se distribuye a través de los diferentes proveedores u operadores de red.

Figura 16

Número de IXP



Nota. Tomado de Packet Clearing House (2025)

En la Figura 16 se observa una evolución de la infraestructura de IXP donde Brasil lidera alcanzando 36 IXPs en 2024 seguido por Argentina que pasó de 12 IXPs en 2014 a 23 IXPs en 2024. Chile ha tenido un crecimiento más sostenido respecto a Brasil y Argentina alcanzando los 7 IXPs. Finalmente, Ecuador mantuvo una estructura centralizada sin incremento de IXPs entre 2014 y 2020 lo que supone una menor eficiencia en el manejo de tráfico local respecto a los demás países de estudio. En 2024 Ecuador y Chile tienen 7 y 8 IXP respectivamente porque la cantidad de habitantes es similar pero la cantidad de tráfico que se cursa es distinta.

En definitiva, Ecuador es el país que tiene una infraestructura de cables submarinos cuya capacidad es superior a la demanda de ancho de banda internacional lo que supone una red resiliente a la implementación y despliegue de tecnologías emergentes como Internet de las Cosas (IoT), Inteligencia Artificial (IA), etc. No obstante, esta brecha de capacidad y uso también puede interpretarse como una subutilización de la red de core y una brecha de inversión en equipos terminales para un uso adecuado de la capacidad disponible.

La tendencia ascendente observada en la gráfica indica un refuerzo de la soberanía digital regional, ya que la infraestructura de intercambio local se ha desarrollado más rápidamente que la dependencia del tránsito internacional. El liderazgo de Brasil y Chile sugiere un ecosistema maduro en el que el tráfico se resuelve principalmente a nivel nacional, optimizando el uso del ancho de banda internacional para contenido de alto valor y reduciendo los costos operativos de transporte.

En el caso de Ecuador, aunque se observa una mejora constante hasta 2021, la estabilización de la curva en los últimos años indica que el país ha priorizado la expansión de su capacidad de "tubería" internacional (cables submarinos) por sobre la creación de nuevos puntos de intercambio, manteniendo una relación de eficiencia moderada en comparación con los líderes regionales. Por el contrario, Argentina presenta el indicador más bajo de la serie, lo que denota una red altamente centralizada que todavía depende significativamente de sus enlaces internacionales para la gestión del tráfico cotidiano.

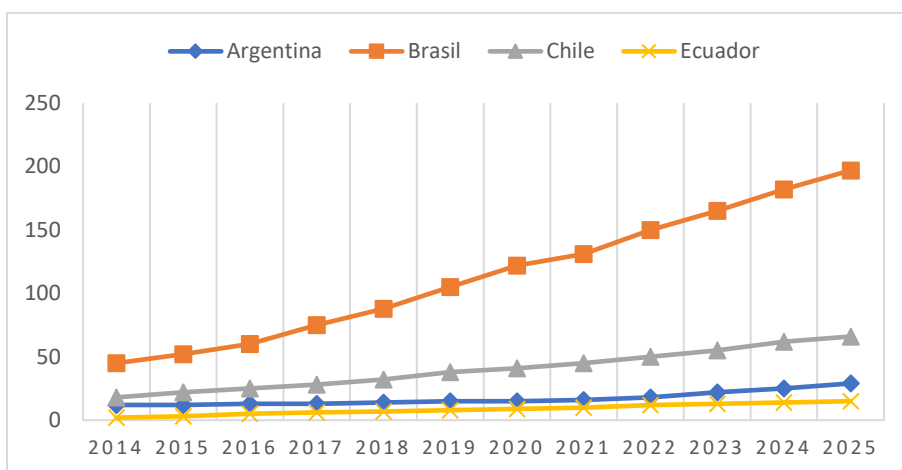
Número de centros de datos

El número de centros de datos es un indicador clave porque un incremento de la infraestructura de almacenamiento local supone el despliegue masivo de CDNs y una menor carga de tráfico que en los enlaces internacionales dado que los usuarios ya no tienen la necesidad de usar un servidor que está a miles de kilómetros de distancia para acceder a un

servicio o contenido específico. La Figura 17 muestra la tendencia de crecimiento de centros de datos.

Figura 17

Número de Centros de Datos



Nota. Tomado de *Cloudscene (2025)*, *DatacenterMap (2025)*, *Arizton*, y reportes de *Frost & Sullivan (2025)*

La Figura 17 evidencia una centralización del procesamiento de datos regional, siendo Brasil el país que presenta un mayor crecimiento de centros de datos por la demografía y extensión territorial que tiene alcanzando los 197 centros de datos en 2025, seguido por Chile que se posiciona como referente de conectividad alcanzando 66 centros de datos en 2025, Argentina y Ecuador son los países que presentan un crecimiento lento en cuanto a este indicador. Sin embargo, la capacidad de cables submarinos descrita en la Figura 15 compensa y equipara el rendimiento de la infraestructura que poseen.

Una vez que se establece la capacidad de almacenamiento y procesamiento de la región a través del número de Centros de Datos, es fundamental analizar el medio físico encargado de transportar dicha información hacia el usuario final. Si los Centros de Datos constituyen el lugar donde reside el contenido, la FO permite su distribución. Pese a que se

cuenta con una infraestructura robusta de centros de datos, si un país carece de una red de transporte lo suficientemente densa no puede entregar esos datos con buena velocidad y baja latencia, cuyos parámetros son que demandan las aplicaciones modernas.

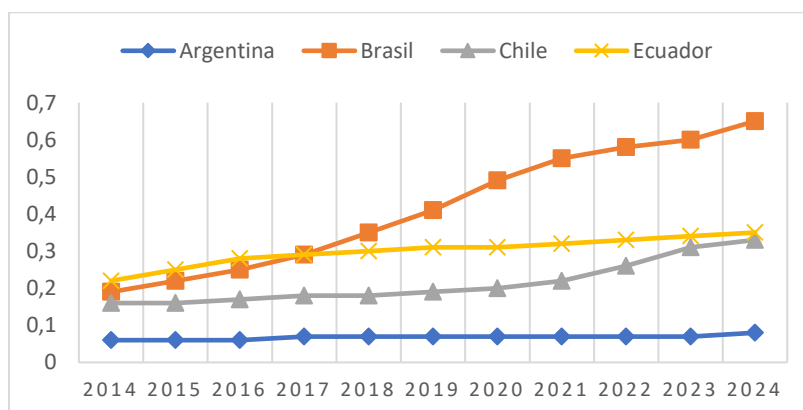
Red de Transporte

Densidad Demográfica de la red Troncal

Para establecer este índice se toma como referencia la cantidad en kilómetros de la FO desplegada de la red troncal por cada 100 habitantes. En la Figura 18 se observa el comportamiento de los países de estudio en el período (2014-2024).

Figura 18

Densidad Demográfica de la red Troncal (Km de FO de la red Troncal por cada 100 habitantes)



Nota. Tomado de Enacom (2025), Arcotel (2025), Anatel (2025) y Subtel (2025).

En la Figura 18 se observa un crecimiento acelerado de Brasil con una tendencia positiva pasando de 0,19km en 2014 a 0,65km en 2024, triplicando la infraestructura de transporte por cada 100 habitantes, Chile presenta un comportamiento en dos fases, entre 2014 y 2019 el crecimiento es lento, casi paralelo al eje horizontal mientras que entre 2020 y 2024 la pendiente es positiva alcanzando un valor de 0,33km en 2024 que responde a la convergencia de una agresiva política pública de reducción de brecha digital (proyectos FO Nacional - FON y FO Austral - FOA) sumada a la disrupción del modelo de negocio privado

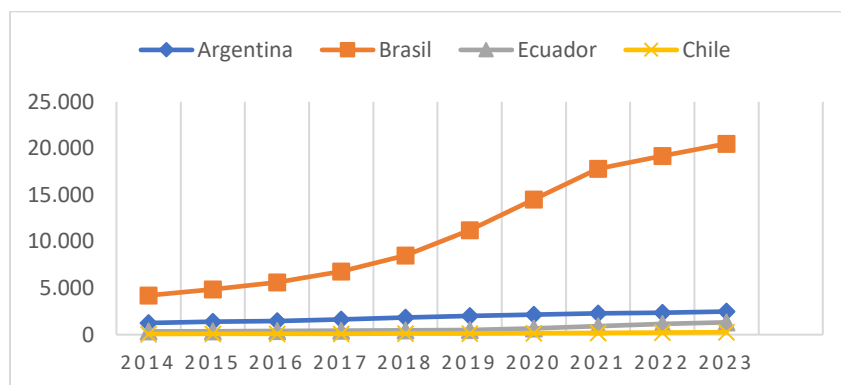
hacia redes mayoristas neutrales (ONNET). Ecuador sufre un estancamiento entre 2017 y 2024 pese a que empieza como líder regional en 2014 debido a la extensión territorial (283.561 km^2) y a la geografía compacta respecto a los demás países. Argentina es un caso particular porque toma como referencia la infraestructura de transporte pública, lo que justifica la brecha que tiene con los demás países. Existe un punto de inflexión entre Ecuador y Chile en 2024 donde alcanzan 0,33km. En términos de infraestructura, esta información sugiere la necesidad de mayor capacidad en la red de transporte para soportar mayores volúmenes de tráfico, la expansión de servicios asociados a Internet y la transformación digital en cada uno de los países analizados.

Proveedores de Servicio de Internet

Números de Proveedores de Servicio de Internet

Figura 19

Número de Proveedores de Internet



Nota. Tomado de Anatel (2025), Subtel (2025), Arcotel (2025), Enacom (2025)

En la Figura 19 se observa que Brasil tiene un crecimiento acelerado alcanzando los 20500 ISPs debido a normativas y políticas públicas que incentivaron su crecimiento, Argentina que en 2023 tiene 2400 ISPs, Chile por la geografía y demografía tiene un crecimiento más sostenido lo que supone un mercado con una alta concentración en pocos ISPs. Por otro lado,

Ecuador que tiene un crecimiento lento en comparación a los demás países. Para complementar esta información, se muestra la cobertura y penetración de las redes. Comparando la Figura 18 y 19 se evidencia que hay tendencia semejante entre el crecimiento de la densidad de FO en el backbone y el número de proveedores de servicio de Internet. Una vez definida la densidad de FO, se determina la cobertura y la penetración de banda ancha fija y móvil que tienen los países de estudio.

La Figura 19 muestra una estructura de mercado muy competitiva en el que destaca Brasil, cuyo mercado está dividido y una expansión que crece de forma acelerada. Por otra parte, Argentina, Chile y Ecuador muestran crecimientos más sostenidos y por tanto mayores niveles de concentración.

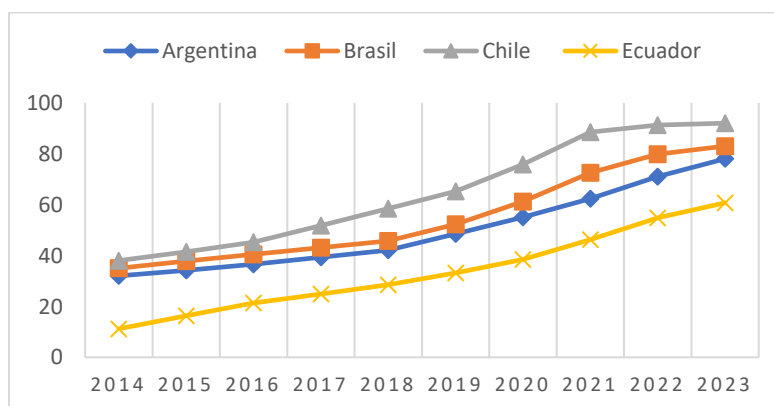
Acceso

Banda Ancha Fija

Para determinar el efecto que tiene el despliegue de infraestructura previamente analizado es necesario hacer un análisis de la cobertura que se ha alcanzado entre ancho de banda fija y móvil. En la Figura 20 se observa el porcentaje de hogares pasados con FO.

Figura 20

Porcentaje de Hogares con cobertura de Banda Ancha Fija (Incluida FO, ADSL, etc)

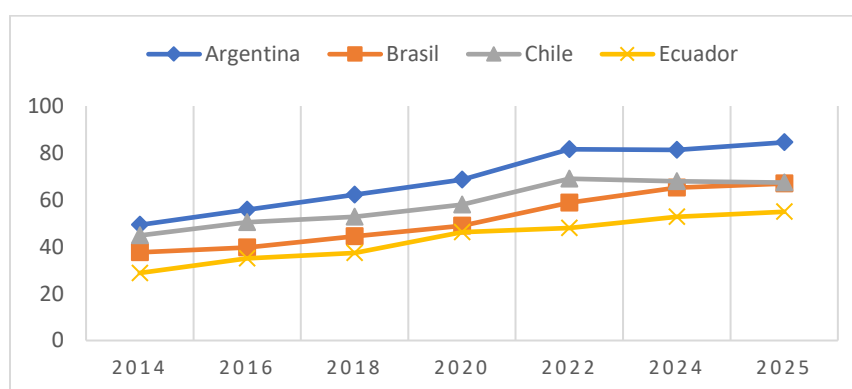


Nota. Tomado de Anatel (2025), Subtel (2025), Arcotel (2025), Enacom (2025)

En la Figura 20 se observa un crecimiento en la cobertura de Banda Ancha Fija de 2014-2023, destacando la saturación del mercado chileno en 2021, se evidencia que Brasil tiene un menor porcentaje de cobertura respecto a Chile, esto no significa que tiene menos FO desplegada, sino, un fenómeno provocado por la demografía dado que hay una mayor cantidad de hogares. Mientras Ecuador tiene la reducción progresiva de la brecha de infraestructura. La Figura 21 muestra la cantidad de Suscriptores de Banda Ancha Fijo por cada 100 Hogares.

Figura 21

Suscripciones de Ancho de Banda Fijo por cada 100 Hogares



Nota. Tomado de Anatel (2025), Subtel (2025), Arcotel (2025), Enacom (2025)

Por otro lado, en la Figura 21, se destaca el liderazgo histórico de Argentina en adopción de servicio por hogar, seguida por una convergencia técnica entre las curvas de Brasil y Chile. Mientras Ecuador evidencia una pendiente positiva pasando de una penetración cercana al 10% en 2014 a rozar el 60% en 2023, aspecto que responde a una convergencia estructural de factores tecnológicos y de mercado que transformaron la conectividad nacional. Este crecimiento sostenido se fundamenta en la agresiva migración de la infraestructura heredada de cobre (ADSL) hacia redes de FO al Hogar (FTTH), un proceso inicialmente catalizado por la inversión pública de la CNT en zonas no rentables y posteriormente

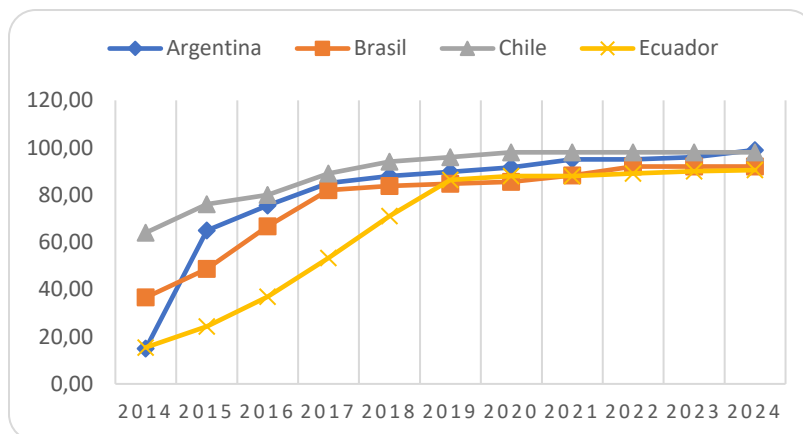
dinamizado por la competencia del sector privado (Netlife, Xtrim, Claro), que priorizó la velocidad y la calidad del servicio.

Banda Ancha Móvil

El acceso a Internet en los últimos años se caracteriza por el uso de dispositivos móviles, de ahí la importancia de analizar la cobertura y penetración de banda ancha móvil. En la Figura 22 se muestra la cobertura de cuarta Generación.

Figura 22

Cobertura de la red de Cuarta Generación 4G



Nota. Tomado de GSMA (2026)

La Figura 22 muestra un crecimiento exponencial de cobertura de 4G en Argentina, Brasil y Chile que, entre 2014 y 2018, alcanza su pico máximo con un promedio 96,33% entre los tres países, siendo Argentina y Chile los que lideran la lista de cobertura. Ecuador por su parte tiene un crecimiento tardío y lineal desde 2014 hasta 2019 pasando del 15,45% al 83,25% respectivamente. A partir de 2019, se observa una saturación en el mercado cercana al 100%, lo que supone una saturación.

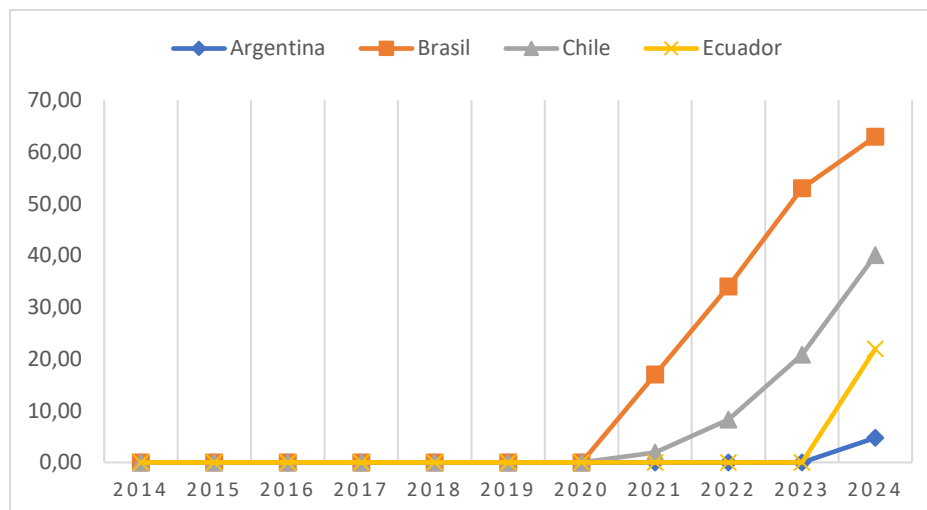
Este fenómeno se produce porque la tecnología de 4G llegó al límite de la frontera de rentabilidad por lo que las empresas dejan de invertir y el porcentaje de la población que queda

sin cobertura corresponde a personas que viven en zonas rurales dispersas generando una brecha digital rural que ya no depende del mercado sino de políticas públicas que busquen reducir esta brecha (CEPAL, 2025).

Para complementar este análisis, La Figura 23 muestra la evolución de la tecnología 5G que es relevante porque tiene la capacidad de romper la limitación física del 4G en parámetros de rendimiento como la latencia que se analizará más adelante en la Figura 29.

Figura 23

Cobertura de Quinta Generación 5G



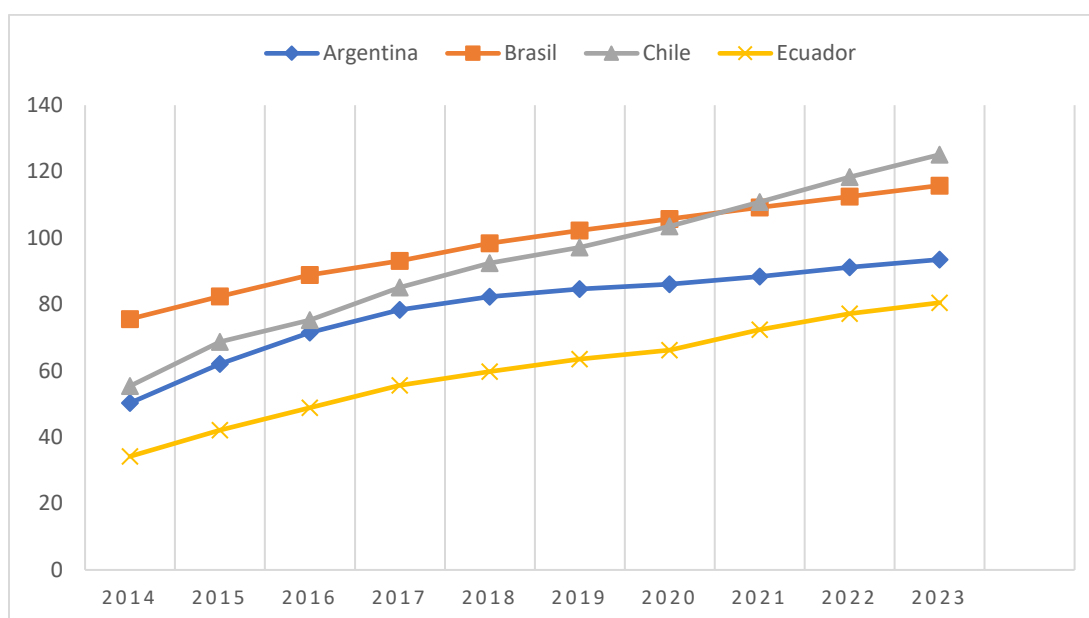
Nota. Tomado de GSMA, (2026)

La Figura 23 muestra a Brasil como referente de cobertura 5G ya que alcanza 63% en 2024, seguido por Chile que en 2022 despliega tecnología 5G, alcanzando un 40,07% en 2024. Ecuador empieza el despliegue en 2024. No obstante, es usada para pruebas piloto. El caso particular de Argentina es complejo porque en 2020 el gobierno declaró a las telecomunicaciones como servicio público esencial y estratégico, congelando precios, frenando el despliegue del 5G. (Andrea Catalano, 2024).

En la Figura 24 se evidencia la cantidad de suscriptores de Banda Ancha Móvil por cada 100 habitantes.

Figura 24

Suscripciones de Banda Ancha Móvil por cada 100 Habitantes



Nota. Elaborada a partir de ENACOM (2025); ARCOTEL, (2025); SUBTEL, (2025); ANATEL (2025); UIT (2025)

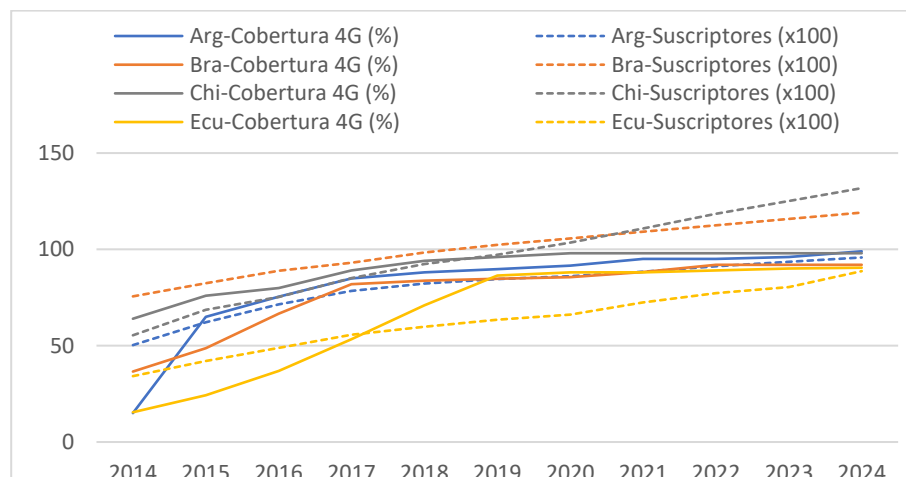
La Figura 24 muestra la evolución de la conectividad móvil por cada 100 habitantes. Existe un punto de inflexión entre Chile y Brasil en 2021, donde Chile superar a Brasil y se posiciona como el líder en densidad móvil, mientras que Argentina y Ecuador mantienen crecimiento lento, por debajo del 100% de suscripciones.

Para complementar el análisis se establece una comparativa entre la cobertura de cuarta generación 4G y el número de suscripciones de Banda Ancha Móvil.

La Figura 25 muestra la relación entre el Número de Suscriptores de Banda Ancha Móvil y la cobertura de Banda Ancha Móvil.

Figura 25

Cobertura 4G y Suscriptores de Banda Ancha Móvil.



Nota. Elaboración Propia

La Figura 25 muestra que países de la región como Brasil y Chile superaron la oferta de conectividad móvil alcanzando una penetración superior al 100% lo que demuestra una madurez digital y que la infraestructura está siendo explotada en su máxima capacidad. En contraste, Ecuador tiene una brecha, dado que el número de suscriptores está por debajo de la cobertura disponible, lo que sugiere que el problema de conectividad no es causado por cobertura, sino por asequibilidad. Argentina denota un equilibrio del mercado porque hay una correlación entre la oferta y la demanda del servicio muy cercana al 100%, no obstante, no alcanza los niveles de Brasil y Chile.

Indicadores de Calidad de Servicio Banda Ancha Fija y Móvil (QoS)

La Calidad de Servicio (QoS) constituye el pilar fundamental en la gestión de redes de telecomunicaciones modernas, definiendo la capacidad de una infraestructura para priorizar

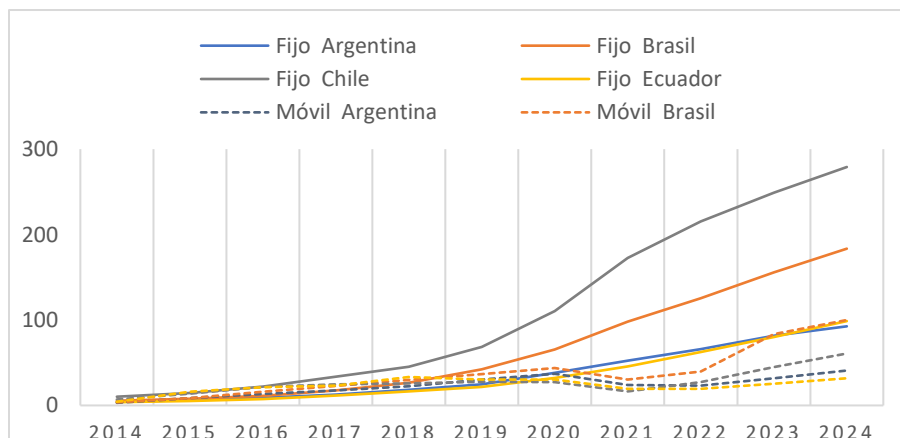
flujos de datos específicos y asegurar un rendimiento predecible bajo condiciones de carga variable. Por ellos estos indicadores se clasifican en Banda Ancha Fija y Banda Ancha Móvil.

Downlink

Es una métrica que permite determinar la velocidad de descarga de datos a los que el usuario accede a través del servicio de Internet. La Figura 26 muestra la evolución de esta métrica.

Figura 26

Downlink Banda Ancha Fija y Móvil [Mbps]



Nota. CEPAL (2025) y GSMA (2025).

En la Figura 26 se evidencia que entre 2014 y 2017 las velocidades de downlink de banda ancha fija y móvil eran similares con un crecimiento lento, entre 2018 y 2019 se muestra un mayor crecimiento en banda ancha fija y a partir de 2020 a raíz de la pandemia, la demanda de usuarios obligó a la actualización de redes y al despliegue masivo de FO. La velocidad de downlink crece exponencialmente y países como Chile pasan de 10,2Mbps en 2014 a 279,1Mbps en 2024. Brasil pasó de 5,5Mbps a 183,5 Mbps. Argentina pese a que tuvo un buen crecimiento perdió un lugar relativo frente a Ecuador que pasó de 3,8Mbps en 2014 a 98,7Mbps en 2024.

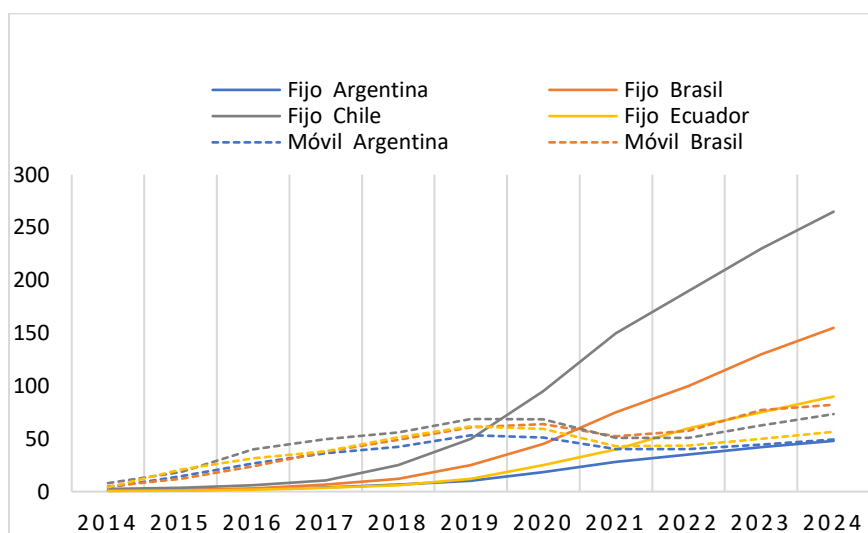
En cuanto a Banda Ancha Móvil Brasil lidera con 100Mbps en 2024, Argentina y Chile muestran un crecimiento moderado alcanzando los 60,77Mbps y 40,84Mbps respectivamente. Ecuador es el país más relegado, alcanzando una velocidad 31,7Mbps.

Esta tendencia de crecimiento en el downlink revela un cambio estructural en el mercado de telecomunicaciones, el crecimiento en banda ancha fija está impulsado por el masivo despliegue de FO que es directamente proporcional al número de ISPs analizado en la Figura 19. En contraste, existe una barrera estructural en la banda ancha móvil por la saturación del espectro de 4G. Así mismo Ecuador muestra un retardo entre la implementación de cables submarinos y el aumento real de la velocidad en los usuarios finales. A continuación, la Figura 27 muestra el uplink

Uplink

Figura 27

Uplink Banda Ancha Fija y Móvil [Mbps]



Nota. Tomado de CEPAL (2025) y GSMA (2025).

Aunque la Figura 27 muestre una tendencia es semejante a la de downlink las magnitudes son más bajas. Además, deja en evidencia el crecimiento tardío de Argentina debido a la

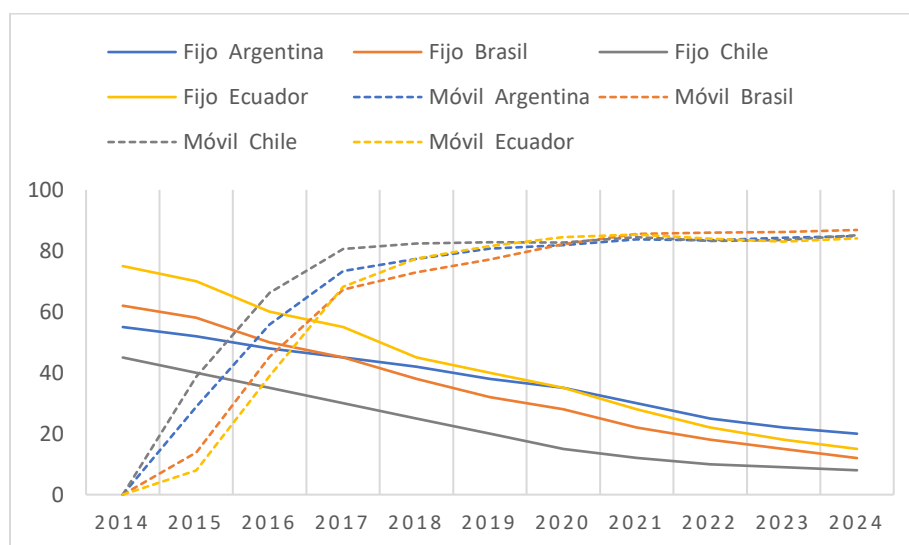
asimetría técnica de las redes de cobre y coaxial que había desplegado para televisión y que posteriormente fue usada para el servicio de Internet.

Latencia

La Figura 28 es un indicador que demuestra la eficiencia de la red dado que demuestra como la infraestructura física condiciona la calidad de servicio brindada a un usuario.

Figura 28

Latencia Banda Ancha Fija y Móvil [ms]



Nota. Tomado de CEPAL (2025) y GSMA (2025).

Se evidencia una caída de la latencia en banda ancha fija debido a un incremento de la capacidad de cables submarinos, al número de ISP, y a la implementación de centros de datos y CDNs que acercaron la información al usuario final. No obstante, la latencia de banda ancha móvil denota una saturación de usuarios dado que la latencia es significativamente más alta que la fija.

En definitiva, las Figuras 26, 27 y 28 denotan un cambio significativo en la estructura del mercado donde la banda ancha fija ha logrado una ventaja respecto a la banda ancha móvil, Chile es el referente dado que lidera con las velocidades más altas y las latencias más bajas así

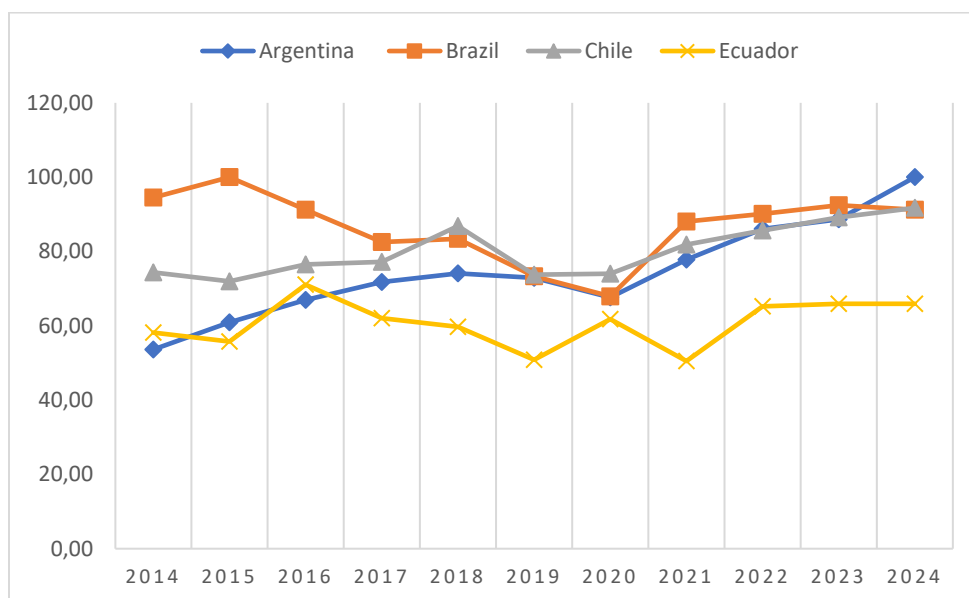
mismo, Brasil y Ecuador destaca por la reducción de la latencia debido al despliegue masivo de FO y al incremento de ISPs. Por el contrario, Argentina muestra un desempeño más moderado, quedando en la posición más baja de velocidad de uplink al cierre de 2024 debido a la red híbrida de cobre (HFC). Además, cabe mencionar que existe una relación inversamente proporcional entre la concentración de mercado y la latencia de la red.

Asequibilidad

Este indicador pondera la accesibilidad económica en una escala del 0 al 100, donde una trayectoria creciente denota que el servicio demanda un menor esfuerzo financiero respecto al ingreso promedio del ciudadano, facilitando así su adquisición. En las Figuras 29 y 30 se observa a la asequibilidad a un plan de 1GB y a 5Gbps respectivamente.

Figura 29

Asequibilidad de la Canasta de Entrada 1GB (2014-2024)



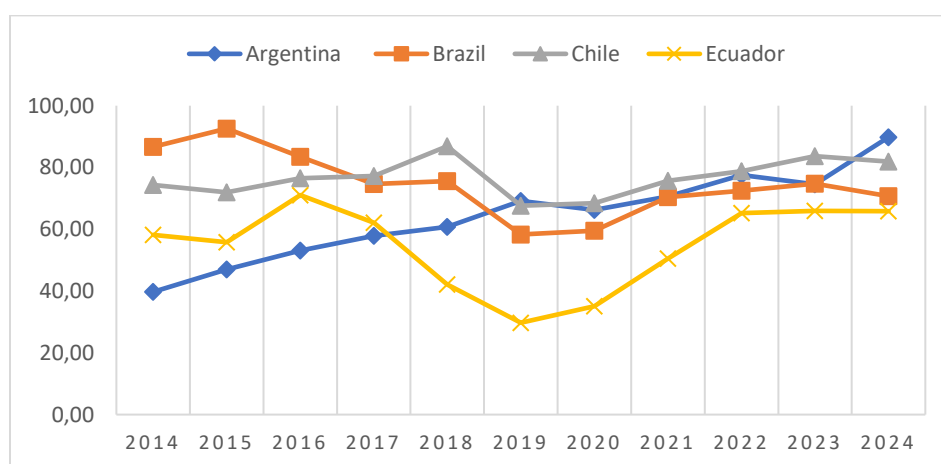
Nota. Tomado de GSMA Index (2025)

A diferencia de las métricas técnicas que sufrieron caídas (como el uplink y downlink), la asequibilidad muestra una tendencia general de mejora o estabilidad en el largo plazo para la

mayoría de los países. Esto sugiere que, a pesar de los desafíos de infraestructura, el mercado ha logrado reducir los precios relativos del GB de datos. Argentina, Brasil y Chile muestran una trayectoria muy similar a partir de 2021, convergiendo hacia un índice de 90-100 puntos en 2024. Argentina, en particular, muestra un salto notable en el último año, alcanzando el tope de la gráfica. Durante casi todo el periodo, Ecuador se mantiene por debajo de sus vecinos. Mientras los demás se acercan al 90%, Ecuador fluctúa en el rango de 60 a 70 puntos. No obstante, tiene una caída entre 2020 y 2021 coincidiendo con la crisis económica derivada de la pandemia, lo que indica que el costo de los datos se volvió más pesado para el bolsillo del ecuatoriano promedio en ese año que constituye un aspecto independiente a la infraestructura física desplegada. Así mismo, tiene una penetración de usuarios alta que alcanza el 80.4% (Figura 24), pero una asequibilidad menor (Figura 29). Esto sugiere que la población hace un gran esfuerzo económico para mantenerse conectada, a pesar de que el servicio es proporcionalmente más caro que en los países vecinos. En la Figura 30 se muestra la Asequibilidad de la Canasta de Entrada de 5GB.

Figura 30

Asequibilidad de la Canasta de Entrada 5GB (2014-2024)



Nota. Tomado de GSMA Index (2025)

A diferencia de la canasta de 1GB, aquí se observa una caída drástica en Ecuador, tocando su punto más bajo en 2019 con cerca de 30 puntos. Esto sugiere que, durante esos años, los paquetes de datos más grandes eran más costosos para el ingreso promedio ecuatoriano. Argentina muestra un crecimiento constante y notable, partiendo de niveles muy bajos en 2014 (40 puntos) hasta liderar la gráfica en 2024 con un índice cercano a 90 puntos. Brasil y Chile muestran una mayor resiliencia.

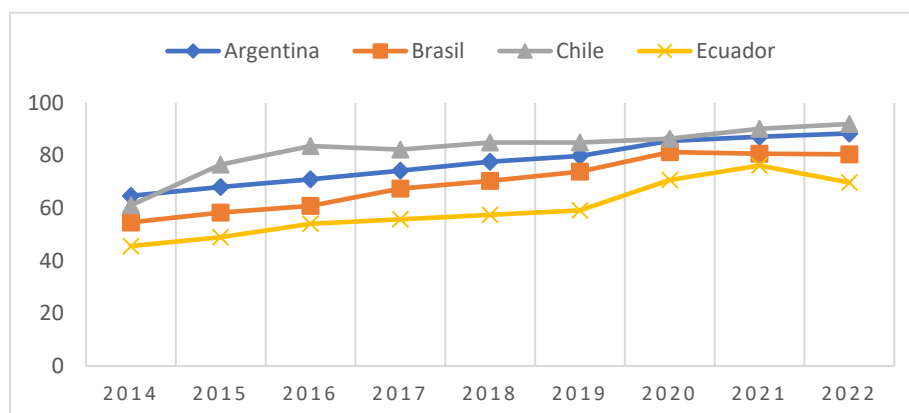
Aunque Brasil experimentó una gran caída en 2020 desde 2018, están cerca uno del otro en el rango de 70-80 puntos, lo que sugiere un mercado más maduro para el consumo de grandes volúmenes de datos. Finalmente, la asequibilidad disminuye si el usuario intenta cambiar de un plan básico a uno medio.

En definitiva, este análisis confirma que la infraestructura no garantiza la asequibilidad de los servicios de banda ancha móvil, medida como una relación entre costo de servicio e ingreso disponible. Argentina y Chile tienen un mercado bien consolidado y Brasil busca la convergencia de asequibilidad. En contraste, Ecuador demuestra que una vulnerabilidad económica puede traducirse como un retroceso en la inclusión digital, aun cuando cuenta con la infraestructura física necesaria.

Una vez determinados los indicadores de calidad de Servicio, es necesario conocer como las personas usan el Internet.

Porcentaje de personas que usan Internet

Este indicador mide la proporción de la población total de un país que ha utilizado Internet en un periodo determinado (generalmente en los últimos 3 a 12 meses), desde cualquier ubicación (hogar, trabajo, escuela, dispositivos móviles, etc.) y mediante cualquier tipo de dispositivo (computadora, teléfono inteligente, tableta, etc.). En la Figura 31 se observa la evolución en el dominio del tiempo.

Figura 31*Porcentaje de personas que Usan Internet*

Nota. Tomado de CEPAL (2025).

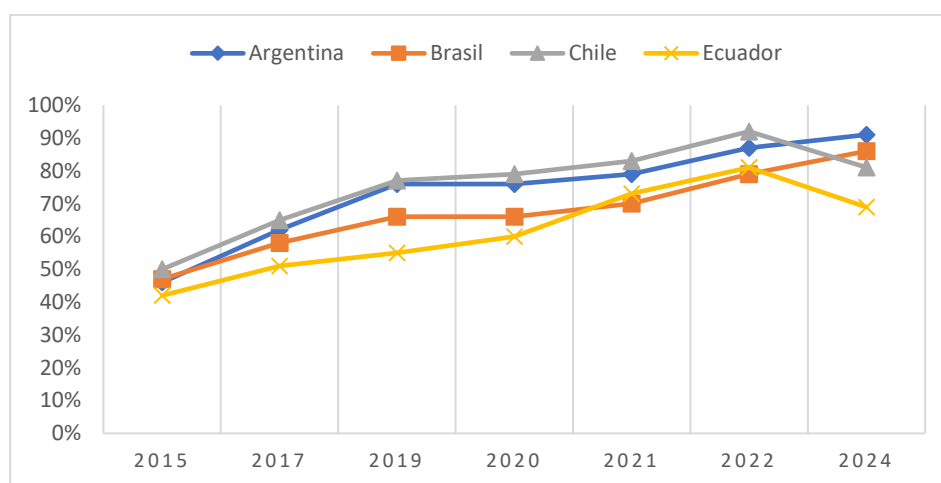
Las tendencias de crecimiento estructural evidentes en Argentina, Brasil, Chile y Ecuador muestran los continuos esfuerzos de la región por mejorar la conectividad. Al finalizar el período, Chile emerge como el líder obvio del grupo. Al igual que Argentina, su curva de adopción aumentó a un ritmo más rápido que la mayoría de los otros países para superar el umbral del 90% para 2021, lo que indica una sólida infraestructura digital. Mientras tanto, Argentina se ha mantenido muy consistente en la parte superior del gráfico, terminando con una penetración del 88%, lo que muestra su base de usuarios históricamente fuerte y en crecimiento.

Por otro lado, Brasil y Ecuador presentan dinámicas de "cierre de brecha", aunque con comportamientos distintos. Brasil exhibe un crecimiento lineal y estable, logrando elevar su penetración desde un 55% inicial hasta superar el 80%, integrando exitosamente a una gran masa poblacional. En contraste, Ecuador muestra el comportamiento más volátil: tras años de crecimiento moderado, experimentó un "salto pandémico" drástico entre 2019 y 2021, donde la necesidad de digitalización forzosa disparó el uso de Internet. No obstante, es el único país que registra un leve retroceso en 2022, cayendo hacia el 70%, lo que podría alertar sobre desafíos en la asequibilidad o la retención de los nuevos usuarios digitales en un contexto

postpandemia. Para complementar esta información en la Figura 32 se evidencia el uso de las redes sociales

Figura 32

Porcentaje de Personas que usan redes Sociales



Nota. Tomado de CEPAL (2025).

Al contrastar la evolución del uso de Internet con la penetración de las redes sociales (Figura 32), se evidencia una convergencia casi total entre ambas curvas, lo que confirma que, para el usuario latinoamericano promedio especialmente en Argentina y Brasil, que alcanzan picos del 91% y 86% en 2024 el acceso a la red es sinónimo de actividad social digital.

Existe una relación directamente proporcional entre la penetración de banda ancha fija, móvil y el uso de redes sociales. Este último en la región ha adquirido una posición estructural dentro del ecosistema digital convirtiéndose en infraestructuras de intermediación de contenido. La Figura 32, muestra un uso superior al 80% en varios países, lo que representa tiempo de conexión y tráfico de datos, estableciéndose como principal canal de acceso, distribución y monetización para PACs. La masificación de Internet no solo implica una conexión técnica, sino también que las redes sociales son una puerta de entrada al ecosistema digital. Por lo tanto, a mayor penetración de banda ancha fija y móvil, mayor es la capacidad de las redes sociales para

influir en la distribución de contenido, en mercados donde la penetración de banda ancha móvil no alcanza niveles de saturación, la expansión del acceso tiende a traducirse en un crecimiento inmediato del uso de estas plataformas digitales, reforzando su posición líder. Por otro lado, la inversión en redes es otro factor crucial en el acceso a redes e Internet.

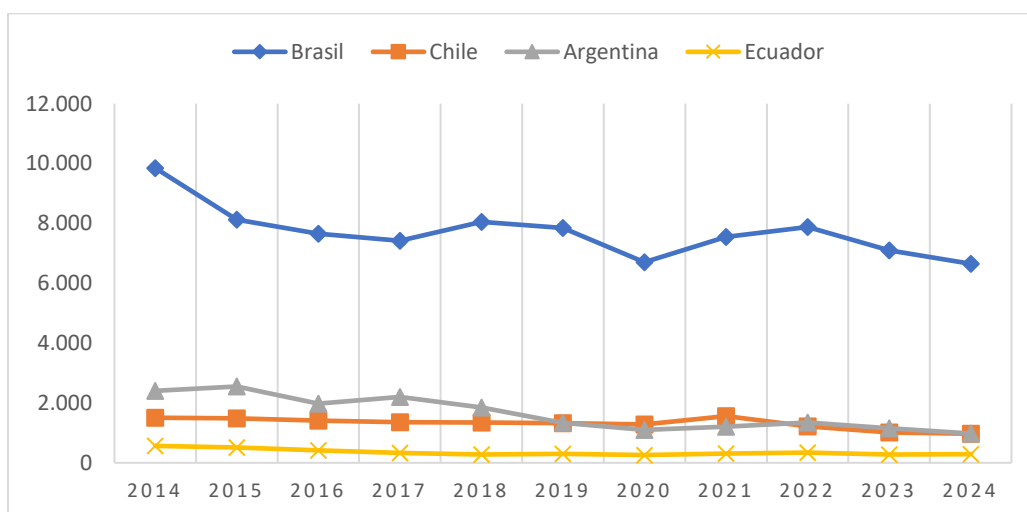
Indicadores de Inversión

Los indicadores de inversión son métricas financieras y económicas que cuantifican el flujo de capital destinado a la creación, ampliación, mantenimiento y modernización de la infraestructura de telecomunicaciones (FO, torres, espectro radioeléctrico, centros de datos, etc.). En la Figura 33 se muestra el CAPEX de inversión en infraestructura de Telecomunicaciones.

CAPEX de Inversión en Infraestructura de telecomunicaciones.

Figura 33

CAPEX de inversión en Infraestructura de Telecomunicaciones en millones de dólares (USD).



Nota. Tomado de GSMA (2025)

Mientras que el tráfico de datos y la necesidad de un mayor *uplink* se han disparado, la inversión en infraestructura muestra una tendencia general a la baja o al estancamiento en la última década. Brasil, pese a liderar en volumen, ha reducido su inversión anual de

aproximadamente 10.000 millones de dólares en 2014 a cerca de 6.500 millones en 2024, lo que sugiere un enfoque en la eficiencia operativa sobre la expansión agresiva. Argentina refleja una caída dramática, convergiendo en niveles de inversión similares a los de Chile (alrededor de los 1.000 millones), lo cual pone en riesgo la calidad del servicio ante una base de usuarios altamente digitalizada (91% de uso en redes sociales).

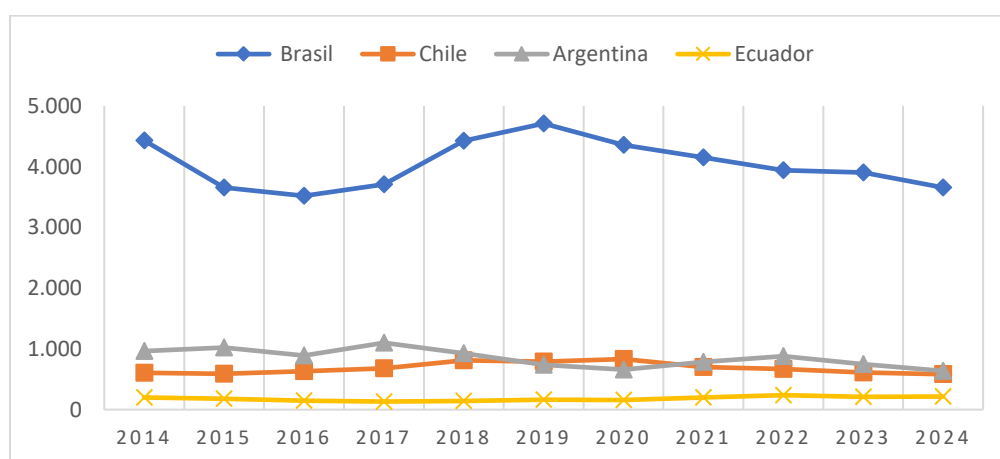
Por su parte, Ecuador mantiene una inversión plana y reducida, inferior a los 500 millones anuales, lo que limita su capacidad para desplegar tecnologías costosas como la FO (FTTH) y 5G. En la Figura 34 se muestra la evolución de la inversión en el despliegue de FO.

El comportamiento de la Figura 33 muestra una relación inversamente proporcional entre la creciente demanda de velocidades de uplink y la caída del CAPEX de inversión en infraestructura de telecomunicaciones. Lo que puede provocar una degradación en la calidad de servicio a futuro.

Inversión para despliegue de FO

Figura 34

Inversión en FO en millones de dólares (USD)



Nota. Tomado de GSMA (2025)

Brasil domina la inversión regional por volumen, pero su comportamiento revela ciclos claros. Se observa un pico agresivo de inversión entre 2017 y 2019, alcanzando casi los 5.000 millones de dólares. Este periodo corresponde al "boom" del despliegue de redes FTTH (Fiber to the Home) por parte de los grandes operadores y los ISPs regionales. A partir de 2020, la curva desciende suavemente hacia los 3.800 millones en 2024, lo que indica que el mercado está pasando de una fase de "construcción masiva de troncales" a una fase de conexión de última milla y mantenimiento. Argentina muestra una tendencia preocupante. Comenzó la década invirtiendo cerca de 1.000 millones USD anuales en fibra, pero ha sufrido un descenso paulatino, convergiendo a la baja. Esto refleja las dificultades macroeconómicas para importar equipamiento dolarizado, frenando la renovación tecnológica. Chile ha logrado igualar e incluso superar la inversión absoluta de su vecino en varios puntos a partir de 2019. La estabilidad de su inversión (rondando los 700-800 millones USD constantes) explica por qué Chile lideraba la primera gráfica de uso de Internet: su apuesta por la fibra ha sido sostenida y proporcionalmente mucho más intensa que la del resto. Ecuador muestra una línea casi plana en el fondo de la gráfica, oscilando entre 100 y 200 millones USD.

Para determinar el porcentaje del CAPEX que se asigna a la inversión del despliegue de FO se aplica la siguiente ecuación

$$\text{Porcentaje de inversión en FO} = \frac{\text{Inversión en Fibra Óptica}}{\text{CAPEX infraestructura telecomunicaciones}} 100 \quad (2)$$

En la Figura 35 se muestra el porcentaje de la inversión en infraestructura que han tenido los países de análisis.

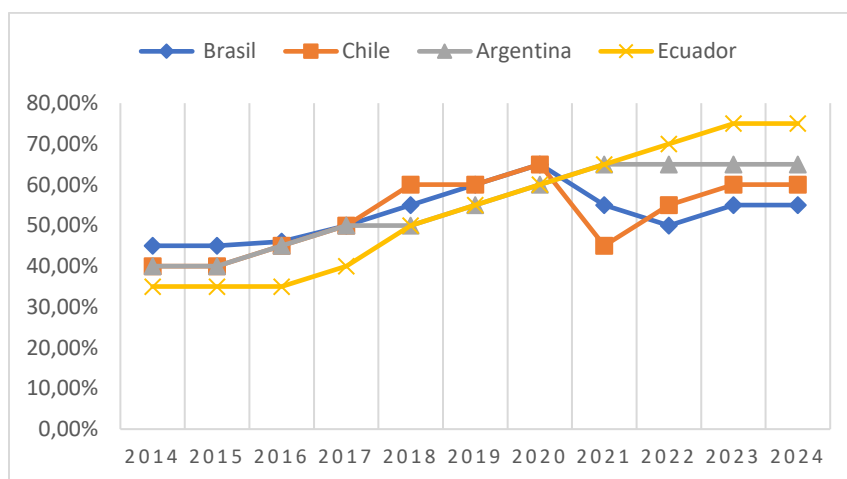
Porcentaje de Inversión para el despliegue de la FO.

Mide qué porción del presupuesto total de inversión de las operadoras se destina específicamente al despliegue de FO. Un porcentaje alto indica que la prioridad del país es

renovar su red de acceso cambiar cobre por FO. Un porcentaje más bajo como el de Brasil no necesariamente significa poca inversión, sino que el presupuesto está más diversificado.

Figura 35

Porcentaje de Inversión en FO respecto al CAPEX



Nota. Tomado de GSMA (2025)

En la Figura 35, se captura un cambio radical en las prioridades de inversión regional, resultando en que FO se convierta en el eje principal de la transformación de la red. Ecuador pasó de tener un 35% en 2014 a liderar la región en 2024, destinando aproximadamente el 75% de su inversión total exclusivamente al despliegue de FO. Esto significa que siguen enfoques agresivos donde nada se deja atrás porque los presupuestos absolutos son escasos para llenar la brecha de acceso fijo.

Mientras tanto, Brasil termina con la porción más baja en un 45%; por lo tanto, este es un mercado maduro donde se gasta mucho en volumen de dinero, pero de maneras diversificadas para financiar una infraestructura de red móvil y satelital sofisticada. Por el contrario, Chile es un ejemplo de tensión financiera sobre tecnología, mostrando una caída temporal en la inversión en fibra durante 2021 al 45%, atribuible a la desviación de capital para el lanzamiento de 5G, mientras que Argentina mantiene una notable consistencia, estabilizando

su compromiso con la fibra alrededor del 65% como un recurso crítico para mantener la competitividad de su red.

En conclusión, el análisis de los indicadores financieros del sector evidencia un cambio de paradigma regido por la eficiencia en la asignación de capital y la focalización tecnológica. Si bien los flujos totales de inversión (CAPEX) muestran una tendencia general, los operadores han priorizado la modernización de las redes de acceso sobre la expansión extensiva, consolidando a la FO como el eje central de la inversión.

En el periodo de análisis (2014-2024) revela una transición estructural hacia la adopción de modelos de inversión más intensivos en capacidad y eficiencia tecnológica, donde la FO se convierte en el eje central del desarrollo digital, pese a, las limitaciones macroeconómicas, regulatorias y de dimensión que restringen la rapidez y profundidad de la modernización de cada uno de los países. Por lo tanto, el liderazgo cuantitativo en inversión no asegura el liderazgo en intensidad tecnológica. La convergencia a nivel regional depende no solo del importe de inversión por CAPEX, sino de cómo se componga, así como de la estabilidad del entorno económico que permita mantener ciclos de inversión de largo plazo.

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

De acuerdo con los datos de los indicadores de cables submarinos muestran que la región ha construido un ecosistema de conectividad con una amplia capacidad de crecimiento, donde la inversión en transporte supera en gran medida la demanda actual. Mientras Brasil se mantiene como el centro neurálgico con la mayor capacidad instalada, iluminada y usada, destaca el salto de Ecuador y Chile en 2021, quienes duplicaron su capacidad base para fortalecer su resiliencia. Finalmente, el hecho de que el porcentaje de uso real oscile apenas entre el 25% y 40% en todos los países confirma que existe una infraestructura sobredimensionada estratégicamente, lo que garantiza la estabilidad de los servicios actuales y asegura la escalabilidad necesaria para el despliegue de futuras tecnologías como el 5G y el procesamiento en la nube. Además, se evidencia un fortalecimiento de la soberanía digital regional, dado que los IXPs han crecido a un ritmo superior a la dependencia de ancho de banda Internacional.

De acuerdo con la densidad de la red troncal y el número de proveedores de Internet hay dos modelos de desarrollo opuestos en la región. Brasil presenta una correlación positiva dado que su liderazgo en la densidad de FO (0,6 km por cada 100 habitantes) se ve directamente relacionado con el número de proveedores (ISPs) que supera las 20.000, dando paso a un modelo descentralizado donde la inversión de pequeños operadores expande la capilaridad de la red; en el caso de Chile y Ecuador existe un crecimiento moderado de la infraestructura troncal (0,35 km/100 hab) pero el número de proveedores es muy reducido, lo que indica que existe un mercado consolidado donde los niveles de inversión dependen de escasos operadores de gran tamaño. Por último, Argentina presenta el escenario más crítico, la densidad de la red troncal estancada y a niveles mínimos (0,08 km/100 hab) a pesar de tener

un número intermedio de proveedores, lo que da a entender que hay que optar por invertir estructuralmente en la sostenibilidad de la red física actual.

El análisis de los indicadores de cobertura y penetración muestran que la región ha superado la etapa de masificación del acceso básico para enfrentarse a una nueva brecha de modernización tecnológica. Por un lado, la cobertura de 4G ha alcanzado una cobertura casi universal (>90%) en todos los países de estudio, el despliegue de 5G marca el inicio de una brecha de cobertura, donde Brasil (>60%) y Chile lideran la transición hacia la economía digital, en contraste, Argentina y Ecuador muestran un rezago. En el segmento fijo, Chile domina en infraestructura disponible (hogares pasados) con cerca del 90% de cobertura gracias a su agresivo despliegue de FO, es Argentina quien registra la mayor tasa de adopción relativa por hogar (>80 suscripciones por cada 100 viviendas), lo que sugiere una saturación efectiva de la demanda sobre sus redes HFC. Finalmente, la penetración móvil con tasas que superan el 115% en las economías líderes (Chile y Brasil), confirma que la conectividad inalámbrica se mantiene como el vector primario de inclusión digital en la región.

Los indicadores técnicos de calidad de servicio y las métricas de adopción de mercado revela que la región ha pasado de una crisis de cobertura a una brecha de calidad. Si bien la conectividad móvil y la cobertura 4G se acercan a niveles de saturación. Argentina, lidera la demanda efectiva con la mayor tasa de penetración fija (>80 hogares por cada 100), pero ha llegado a la capacidad máxima de su infraestructura debido a sus redes heredadas (HFC) que mantiene su latencia en 20 ms y limita su capacidad de subida frente a otros países de la región. En contraste, Ecuador, muestra una infraestructura modernizada (Fibra/Cables Submarinos) y aunque con menor penetración relativa alcanza el rendimiento de mercados maduros, logrando reducir su latencia en un 80% y exceder la capacidad de uplink de Argentina. Finalmente, el estancamiento de la calidad de servicio móvil con latencias altas (85 ms) frente a la supremacía de la FO chilena (>250 Mbps) confirma que la masificación del

acceso ya no garantiza la competitividad digital sin una actualización hacia estándares 5G y FTTH.

Aun cuando se ha avanzado en la cobertura de infraestructura esto no significa que el servicio puede ser asequible debido a que también depende de la economía, por lo que la estabilidad o retroceso en los niveles de adopción en algunos países sugiere que sea entendida como la relación entre ingreso disponible y costo del servicio constituyendo así un factor determinante para la sostenibilidad de la inclusión digital. Demostrando que la expansión de infraestructura no garantiza automáticamente adopción sostenida si no se acompaña de condiciones económicas favorables.

A lo largo del presente documento se ha visto que el ecosistema digital en Argentina, Brasil, Chile y Ecuador ha experimentado una transformación profunda durante el período analizado (2014–2024), mostrando principalmente que:

- La modernización tecnológica basada en FO.
- La reconfiguración estratégica del CAPEX.
- Las dinámicas diferenciadas de competencia.
- La estratificación en niveles de adopción digital.

Sin embargo, el desarrollo digital sostenible depende de tres factores como: la interacción simultánea entre infraestructura, estructura de mercado y asequibilidad económica. De modo que el desafío regional no radica únicamente en expandir redes, sino en garantizar condiciones estructurales que permitan convertir capacidad instalada en inclusión digital efectiva y resiliente.

Ecuador tuvo una transformación estructural significativa en su ecosistema digital, siendo un caso claro de convergencia tecnológica acelerada en la región. La activación de

nuevos cables submarinos en 2020–2021 redujo la latencia, mientras que la adopción intensiva de FO en la última milla elevó la capacidad de transmisión y mejoró el rendimiento de uplink, permitiendo al país alcanzar estándares técnicos comparables a mercados regionales más maduros. No obstante, el desafío actual no radica en la capacidad técnica instalada, sino en su masificación y sostenibilidad, con niveles de penetración fija aún inferiores a los líderes regionales y un despliegue incipiente de 5G, Ecuador enfrenta la necesidad de traducir la robustez de infraestructura en inclusión digital universal, mediante políticas orientadas a la asequibilidad, expansión territorial y estabilidad económica.

Recomendaciones

Durante el desarrollo del presente documento se muestra que la adopción sostenible depende de la capacidad de pago de los usuarios, por tanto, se recomienda diseñar esquemas tarifarios sociales focalizados, además de promover una competencia efectiva que presione la baja de los precios de los planes de banda ancha móvil con el objetivo de que el servicio se mantenga por debajo del umbral razonable del ingreso mensual.

Se recomienda promover la resiliencia macroeconómica del sector garantizando la estabilidad jurídica para inversiones a largo plazo, establecer reglas claras y previsible en materia regulatoria y facilitar el acceso a financiamiento para la expansión en infraestructura.

Se recomienda acelerar el despliegue efectivo de la infraestructura 5G ya que Ecuador cuenta con capacidad de banda ancha favorable para expandir esta tecnología, incentivando inversiones mediante esquemas de reducción de cargas regulatorias en fases iniciales, esto permitirá capitalizar la ventaja técnica lograda en los últimos años.

Se recomienda en Ecuador incentivar la densificación de redes de acceso en la última milla y backhaul regional con el fin de reducir la congestión, mejorar estabilidad, promoviendo así la migración progresiva hacia arquitecturas más simétricas y escalables.

Se recomienda fomentar la interoperabilidad y estándares abiertos que permitan a los PAC ofrecer experiencias consistentes, rápidas y seguras, promoviendo programas de capacitación de habilidades digitales para usuarios finales de manera que la adopción de aplicaciones y servicios digitales no dependan únicamente de la infraestructura, sino también de la capacidad de los usuarios para integrarlos en la vida cotidiana.

Referencias

- Abbate, J. (1999). *Inventing the Internet*. MIT Press. [Tabla]
- Álvarez Amézquita, D. F., Padilla Herrera, J. C., Garzón Zuluaga, A. L., & Muñoz Hernández, L. Y. (2009). Proveedores de Servicios de Internet y de contenidos, responsabilidad civil y derechos de autor. *Studiositas*, 4(3), 51–64.
- América Latina, C. E., & Caribe. (2021). Observatorio Regional de Banda Ancha. *CEPAL*. <https://www.cepal.org/es/temas/banda-ancha-regional>
- A.N.A.T.E.L. (2020). Relatório Anual de Conectividade. *Agência Nacional de Telecomunicações*. <https://www.anatel.gov.br>
- Andrea Catalano. (2025, July). *Mundo de Chile lidera la velocidad de Internet fijo en América Latina 2025, seguido por Mi Fibra Perú y Metrocom Costa Rica – TeleSemana.com*. <https://www.telesemana.com/blog/2025/08/14/mundo-de-chile-lidera-la-velocidad-de-internet-fijo-en-america-latina-2025-seguido-por-mi-fibra-peru-y-metrocom-costa-rica/>
- Andreessen, M., & Bina, E. (1999). NCSA Mosaic 1.0 web browser released. *Wired*.
- Antonio, M., & Briones, R. (n.d.). *Índice de Infraestructura Digital*.
- ARCOTEL. (2025). *3-1-1-Cuentas-internet-fijos-y-moviles_sep_2025.xlsx*. Cuentas de Internet Fijo y Móvil . https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.arcotel.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2025%2F11%2F3-1-1-Cuentas-internet-fijos-y-moviles_sep_2025.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK
- ARSAT. (2025). *Acceso a la Información Pública*. <https://www.arsat.com.ar/acerca-de-arsat/transparencia-activa/solicitud-de-acceso-a-la-informacion-publica/>
- Arizton Advisory & Intelligence. (2025). *Latin America data center market report*. <https://www.arizton.com/market-reports/latin-america-data-center-market-report-2025>

- Bank, W. (n.d.). *World Development Indicators*. Retrieved <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Barroso, L. A., Clidas, J., & Hölzle, U. (2013). *The Datacenter as a Computer: An Introduction to the Design of Warehouse-Scale Machines* (2nd ed.). Morgan & Claypool Publishers.[Tabla]
- Bnamericas. (2021, June 1). *Radiografía a los proyectos submarinos y satelitales de Ecuador - Bnamericas*. <https://www.bnamericas.com/es/reportajes/radiografia-a-los-proyectos-submarinos-y-satelitales-de-ecuador>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2023). *Los desafíos del crecimiento de la fibra en América Latina y el Caribe*. <https://publications.iadb.org/es/los-desafios-del-crecimiento-de-la-fibra-en-america-latina-y-el-caribe>
- Bravo, P. R. (n.d.). Desarrollo de una aplicación para el uso de la red BITNET [Tesis de pregrado. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*]. Repositorio DSpace ESPOL. Retrieved <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/12723>
- C.A.F. (2021). *Informe Regional sobre Banda Ancha en América Latina*. Corporación Andina de Fomento. <https://www.caf.com>
- Cámara Ecuatoriana de Comercio Electrónico. (2024). *Estudio de Transacciones no presenciales en Ecuador*. <https://cece.ec/wp-content/uploads/estudios-ecommerce-ec/Estudio-Ecommerce-2025-VII-Medicion.pdf>
- Caribe, A. L. Y. (2022). *Programa de Naciones para el Desarrollo*. <https://www.undp.org/es/latin-america/publicaciones/acceso-y-uso-de-internet-en-america-latina-y-el-caribe>
- Castells, M. (2001). *La galaxia Internet: Reflexiones sobre Internet, empresa y sociedad*. Plaza & Janés.
- C.D.L. (2024). *TELECOMUNICACIONES EN. AVANCES, RETOS Y PROYECCIÓN*. <https://ciudadelatacungaonline.com.ec/telecomunicaciones-en-ecuador-avances-retos-y-proyeccion/>
- Cepal. (2020). *La Sociedad de la Información en América Latina y el Caribe*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/25305-la-sociedad-la-informacion-america-latina-caribe>
- Ceruzzi, P. E. (2003). *A history of modern computing* (2nd ed.). MIT Press.
- cet.la. (2025). Contribución del conjunto del ecosistema digital al desarrollo sostenible de infraestructura de telecomunicaciones. cet.la. In Cel (Ed.), & NERA Economic Consulting.
- Chile, S. (2022). Informe de Banda Ancha Fija y Móvil. *Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile*. <https://www.subtel.gob.cl>
- Cloudscene. (2025). *South America data center market overview*. <https://cloudscene.com/region/datacenters-in-south-america>

- CNN Chile. (2025). *WOM anuncia el despliegue del 100% de su proyecto Fibra Óptica Nacional*. WOM Anuncia El Despliegue Del 100% de Su Proyecto Fibra Óptica Nacional. https://www.cnnchile.com/negocios/wom-anuncia-el-despliegue-del-100-de-su-proyecto-fibra-optica-nacional_20250627/
- CNT. (2018). *INFORME DE RENDICIÓN DE CUENTAS 2018 18/01/2019 CORPORACIÓN FINANCIERA NACIONAL B.P. GERENCIA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA Contenido*.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2025). *Ficha técnica - CEPALSTAT Portal de Datos y Publicaciones Estadísticas*. https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/technical-sheet.html?lang=es&indicator_id=4994
- datacenters. (n.d.). Centros de datos. *Recuperado de*. Retrieved <https://datacente.rs/>
- DataHub. (2025). *Ecuador data - ITU DataHub*. <https://datahub.itu.int/dashboards/umc/?e=ECU>
- DataReportal. (n.d.). *Digital 2022: Global Overview Report*. *Recuperado de*. Retrieved <https://datareportal.com/reports/digital-2022-global-overview-report>
- DataReportal. (2024). *Digital 2024: Global Overview Report*. *We Are Social & Meltwater*. <https://datareportal.com/reports/digital-2024-global-overview-report>
- DeNardis, L. (2014). *The Global War for Internet Governance*. Yale University Press.
- Desireé, J. (2025). *La resiliencia impulsa el crecimiento del mercado IT en Latinoamérica: las tendencias tecnológicas de 2025, según IDC*. <https://www.itsitio.com/distribucion/la-resiliencia-impulsa-el-crecimiento-del-mercado-it-en-latinoamerica-las-tendencias-tecnologicas-de-2025-segun-idc/>
- Dirección Nacional Jurídica Departamento de Normativa y Consultas. (2022). *Dirección Nacional Jurídica Departamento de Normativa y Consultas LEY ORGÁNICA PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y AUDIOVISUAL*.
- DplNews. (2025, June 13). *Un año del Plan Brasileño de Inteligencia Artificial: ¿qué se ha hecho?* | DPL News. <https://dplnews.com/un-ano-del-plan-brasileno-de-inteligencia-artificial-que-se-ha-hecho/>
- Echeberría, R. (2020). *Infraestructura de Internet en América Latina: Puntos de intercambio de tráfico, redes de distribución de contenido, cables submarinos y centros de datos* [Tabla].
- Ecuador, P. U. C. (n.d.). La brecha digital influye en el desarrollo económico del país. *de marzo de 2025*, 5. Retrieved <https://conexion.puce.edu.ec>
- E.N.A.C.O.M. (2020). Estado de la Banda Ancha en Argentina. *Ente Nacional de Comunicaciones*. <https://www.enacom.gob.ar>
- F.G.I. (2023). *Internet Governance Forum: About IGF*. <https://www.intgovforum.org>
- Formoso, A. (n.d.). 2 de junio. *Relevamiento y Mapa Interactivo de IXP de América Latina y Caribe*. LACNIC Blog. Retrieved <https://blog.lacnic.net/relevamiento-y-mapa-interactivo-de-ixp-de-america-latina-y-caribe/>
- Forouzan, B. A. (2007). *Data communications and networking* (4th ed.). McGraw-Hill [Tabla].

- Frost & Sullivan. (2025). *Frost Radar™: Data center colocation in Latin America, 2025*.
<https://store.frost.com/frost-radar-data-center-colocation-in-latin-america-2025.html>
- García Zaballo, A., Cabello, S., Puig Gabarró, P., Iglesias Rodríguez, E. y Dalio, M. (2023). *Los desafíos del crecimiento de la fibra en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0005153>
- Gsma. (2025). *La economía móvil en América Latina 2025*. www.gsmainelligence.com
- Hodges, A. (2014). *Alan Turing: The enigma*. Princeton University Press.
- I.C.A.N.N. (2016). *IANA Stewardship Transition*. <https://www.icann.org/resources/pages/iana-stewardship-transition-2016-10-21-en>
- IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee. (2023). IEEE.
- Indicadores | Observatorio de Desarrollo Digital. (n.d.). Retrieved December 29, 2025, from <https://desarrollodigital.cepal.org/es/indicadores>
- Intelligence, G. S. M. A. (2020). *The Mobile Economy Latin America 2020*.
<https://www.gsma.com/mobileeconomy/latinamerica/>
- Internet Society. (2025). *CC BY-NC-SA 4.0 Mejorar la resiliencia de la infraestructura de Internet submarina Resumen ejecutivo*. <https://blog.telegeography.com/is-it->
- ITU. (n.d.). *Methodology of the ICT Development Index 2023: Version 3*.
- ITU. (2025a). *ITUPublications International Telecommunication Union Global Connectivity Report 2025*.
- ITU. (2025b). *Measuring digital development*.
- ITU Sector, D. (2025). *The ICT Development Index 2025*.
- I.T.U.-T. (n.d.). *G.fast: Fast broadband over copper access networks*. International Telecommunication Union. Retrieved <https://www.itu.int>
- Kurose, J. F., & Ross, K. W. (n.d.). *Computer Networking: A Top-Down Approach* (8th ed.). Pearson.
- Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2020). *Computer Networking: A Top-Down Approach* (8th ed.). Pearson.
- Latina, A., Caribe, E., García, A., Sebastián, Z., Cabello, M., Puig, P., Iglesias, E., & Dalio, M. (2023). *Los desafíos del crecimiento de la fibra en América Latina y el Caribe*.
- Leiner, B. M., Cerf, V. G., Clark, D. D., Kahn, R. E., Kleinrock, L., Lynch, D. C., Postel, J., Roberts, L. G., & Wolff, S. (1997). A brief history of the Internet. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 39(5), 22–31. <https://doi.org/10.1145/1629607.1629613>
- López Rubio, G. (2006). Tecnologías de internet (de Arpanet a la 3G). *Barataria. Revista Castellano-Manchega de Ciencias Sociales*, (5), 13–35.
<https://doi.org/10.20932/barataria.v0i5.256>

- Ministerio de Telecomunicaciones y de la sociedad de la información. (MINTEL). (2024). *PLAN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES 2024-2025*.
- MINTEL. (n.d.). *Plan Nacional de Conectividad*. Retrieved January 16, 2026, from https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2024/09/Plan_nacional_de_telecomunicaciones_2024_2025.pdf
- Mueller, M. (2010). *Networks and States: The Global Politics of Internet Governance*. MIT Press.
- Naughton, J. (2016). The evolution of the Internet: From military experiment to General Purpose Technology. *Journal of Cyber Policy*, 1(1), 5–28. <https://doi.org/10.1080/23738871.2016.1157619>
- Norton, W. B. (2012). *The Internet Peering Playbook: Connecting to the Core of the Internet*. DrPeering Press.
- Nygren, E., Sitaraman, R. K., & Sun, J. (2010). The Akamai Network: A View from the Edge. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 40(1), 21–30. <https://doi.org/10.1145/1672308.1672314>
- O.E.C.D. (2021). Internet Traffic Exchange (IXPs) and their Role in the Digital Economy. *OECD Digital Economy Papers*, (314). <https://doi.org/10.1787/2f1f51f0-en>
- Packet Clearing House. (2025). *Internet Exchange Directory*. <https://www.pch.net/ixp/dir>
- Pallis, G., & Vakali, A. (2010). Understanding Quality of Experience: An Overview. *Computer Networks*, 54(15), 2781–2793.
- Panduit. (2020, May 20). *El Papel de Infraestructura Física de Redes en Continuidad de los Negocios*. <https://www.syscomblog.com/2020/05/el-papel-de-infraestructura-fisica-de.html>
- PeeringDB. (n.d.). *PIT Colombia. Recuperado el 7 de noviembre de 2025*. Retrieved <https://www.peeringdb.com/ix/3880>
- Peterson, L. L., & Davie, B. S. (2022). *Computer Networks: A Systems Approach* (6th ed.). Morgan Kaufmann.
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador. (s.f.). La brecha digital influye en el desarrollo económico del país. [Nombre de la plataforma, ej. Aula Virtual PUCE. Recuperado de: Inicio - Conexión PUCE]
- Presidencia de la Nación de la república Argentina. (2020). *BOLETIN OFICIAL REPUBLICA ARGENTINA - ARGENTINA DIGITAL - Decreto 690/2020*. <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/233932/20200822>
- Rivera, C., Enrique, Z., Rodríguez, I., & Zaballos, A. G. (2020). *Estado actual de las telecomunicaciones y la banda ancha en Ecuador*. <https://doi.org/10.18235/0002200>
- Roasario Peiró. (2021, April 1). *Usuario final | Economipedia*. Usuario Final. <https://economipedia.com/definiciones/usuario-final.html>

- Saltzer, J. H., Reed, D. P., & Clark, D. D. (1984). End-to-end arguments in system design. *ACM Transactions on Computer Systems*, 2(4), 277–288.
<https://doi.org/10.1145/357401.357402>
- Society, I. (n.d.). Quién lo hace funcionar: El ecosistema de Internet. In *Recuperado el 16 de noviembre de 2025*. Retrieved <https://www.internetsociety.org/es/quien-lo-hace-funcionar-el-ecosistema-de-internet/>
- Society, I. (2014). *Nombres y direcciones Usuarios*. www.intgovforum.org
- Society, I. (2019). *Internet Connectivity in Latin America and the Caribbean*.
<https://www.internetsociety.org/resources/doc/2019/internet-connectivity-in-latin-america-and-the-caribbean/>
- Speedtest Ookla. (2025, November). *Ecuador's Mobile and Broadband Internet Speeds - Speedtest Global Index*. <https://www.speedtest.net/global-index/ecuador#mobile>
- Stallings, W. (2015). *Data and Computer Communications* (10th ed.). Pearson.
- Standage, T. (1998). *The Victorian internet: The remarkable story of the telegraph and the nineteenth century's on-line pioneers*. Walker & Company.
- Star, S. L., & Ruhleder, K. (1996). Steps toward an ecology of infrastructure: Design and access for large information spaces. *Information Systems Research*, 7(1), 111–134.
<https://doi.org/10.1287/isre.7.1.111>
- Statista. (n.d.). *Digital population worldwide from 2009 to 2025 [Estadística]*. Retrieved <https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/>
- Stor, S., & Archer, M. (1996). Características de una infraestructura tecnológica. In *En Sistemas Sociales y Tecnología* (pp. 101–118). Ediciones Científic.
- Submarine Telecoms Forum, Inc. (2025). *REPORT INDUSTRY*. <https://subtelforum.com>.
- Systems, C. (2019). *Quality of Service Networking*. Cisco Press.
- Systems, C. (2021). *Introduction to Fiber Optics*. Cisco Press.
- Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2011). *Redes de computadoras* (5.a). Pearson Educación [Tabla].
- Tapia Caiza, R. S. (2009). *Diseño e implementación de un sistema redundante para la metro Ethernet de Telconet mediante el uso del protocolo de enrutamiento OSPF* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1760>
- Telebras. (n.d.). *Demonstrações Financeiras e Relatório da Administração - Telebras. 2025*. Retrieved January 16, 2026, from <https://www.telebras.com.br/investidores/demonstracoes-financeiras-e-relatorio-da-administracao/>
- Telecomunicaciones, U. I., & Telecomunicaciones, S. (n.d.-a). *Recomendación UIT-T G.984.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabit (GPON): Características generales*.

- Telecomunicaciones, U. I., & Telecomunicaciones, S. (n.d.-b). *Recomendación UIT-T G.987.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabits (XG-PON): Requisitos generales*.
- Telecomunicaciones, U. I., & Telecomunicaciones, S. (n.d.-c). *Recomendación UIT-T G.989.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de 40 Gigabits (NG-PON2): Requisitos generales*.
- TeleGeography. (2025). *Submarine Cable Map*. [Tabla]. Recuperado el 16 de noviembre de 2025. <https://www.submarinecablemap.com>
- Triviño, R., y Franco-Crespo, A. (2021). La Neutralidad de la Red en Sudamérica vista desde una teoría actor-red: el caso de cinco países, *Revista Administración Pública y Sociedad*, No. 11.
- Triviño, R. (2025). Las políticas de neutralidad de red en la innovación de servicios en el mercado de telecomunicaciones móviles de Sur América. Tesis Doctoral, EPN, Quito, disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/27150>
- U.I.T. (n.d.). Measuring digital development: Facts and figures 2023. *Unión Internacional de Telecomunicaciones*. Retrieved <https://www.itu.int>
- Unidas, N. (n.d.). *Estrategia de transformación digital: Chile Digital 2035*. Retrieved January 17, 2026, from www.issuu.com/publicacionescepal/stacks
- Vakali, A., & Pallis, G. (2003). Content delivery networks: status and trends. *IEEE Internet Computing*, 7(6), 68–74. <https://doi.org/10.1109/MIC.2003.1250586>
- W.G.I.G. (2005). *Working Group on Internet Governance Final Report*. <https://www.wgig.org/docs/WGIGREPORT.pdf>
- Word Population review. (n.d.). *ICT Development Index by Country 2026*. Retrieved January 17, 2026, from <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/ict-development-index-by-country>
- World Bank Group. (2025). *Digital Adoption Index*. <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2016/Digital-Adoption-Index>