

INTER-CONECTADOS: ESTUDIO SOBRE PUNTOS DE INTERCAMBIO DE INTERNET (IXP) Y SUS VENTAJAS USANDO TRES ESTUDIOS DE CASO LATINOAMERICANOS

Resumen: Este trabajo aborda los casos de los Puntos de Intercambio de Internet (IXP) en tres países latinoamericanos: Argentina, Chile y Costa Rica, mediante la descripción y el análisis de los IXP en sí mismos, tanto en sus aspectos operativos como institucionales y cuantificando hasta donde sea posible sus beneficios. Subsidiariamente, se examinan también los entornos tecnológicos (infraestructura, CDN) y regulatorios en las naciones o áreas donde funcionan tales IXP. Seguidamente, se presentan las conclusiones generales y, por último, se expone una bibliografía comentada sobre IXP en América Latina.

Abstract: This paper deals with Internet Exchange Points (IXPs) cases in three Latin American countries: Argentina, Chile and Costa Rica, by describing and analyzing the IXPs themselves, both in their operational and institutional aspects and quantifying as far as possible its benefits. Subsidiarily, the technological (infrastructure, CDNs) and regulatory environments in the nations or areas where such IXPs operates are also examined. After this, general conclusions are presented and, finally, an annotated bibliography on IXPs in Latin America is offered.

INDICE

ACRÓNIMOS, DEFINICIONES, GLOSARIO	3
INTRODUCCIÓN	9
Interconexiones con ventajas	10
INTERNET, GOBERNANZA, REDES Y LOS IXP	12
ARGENTINA: UN IXP CENTRAL Y VARIOS POR ZONA GEOGRÁFICA, PERO UNA SOLA ENTIDAD	16
Establecimiento, entorno y evolución de los IXP	16
Organización y financiamiento	17
Infraestructura y operación técnica	18
Servicios	19
Membresía y precios	20
Tráfico	21
Regulación y políticas públicas	22
Evaluación de beneficios	24
CHILE: UN IXP PRINCIPAL, OTRO MENOR E IXP BILATERALES	26
Establecimiento, entorno y evolución de los IXP	26
Organización y financiamiento	27
Infraestructura y operación técnica	29
Membresía y precios	29
Servicios	31
Tráfico	31
Regulación y políticas públicas	32
Evaluación de beneficios	34
COSTA RICA: VARIOS IXP CON DISTINTAS FUNCIONES	35
Establecimiento, entorno y evolución de los IXP	35
Organización y financiamiento	36
Infraestructura y operación técnica	37
Membresía y precios	38
Servicios	40
Tráfico	40
Regulación y políticas públicas	41
Evaluación de beneficios	43
CONCLUSIONES: PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LOS IXP	44
BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES COMENTADAS	46
Internacional general	47
América Latina	49
Entrevistas personales	54

ACRÓNIMOS, DEFINICIONES, GLOSARIO

ASN	<p>Autonomus System Number (Número de Sistema Autónomo). Es un prefijo de direcciones IP (ver IP y TLD) que pertenecen a una red (o un conjunto de ellas) y que forma parte del Internet general, pero que es operada por una misma compañía o entidad (un ISP, un proveedor de contenidos, un <i>carrier</i>). Un ASN implica una política de encaminamiento uniforme controlada por dicha compañía o entidad.</p>
BGP	<p>Border Gateway Protocol. Aun no tiene una traducción ampliamente aceptada en español, pero sería algo así como <i>Protocolo de Puerta Fronteriza</i>. El BGP es el protocolo que usa la red global de Internet para encontrar el mejor camino (encaminamiento o enrutamiento) para cada paquete de datos, basándose en las condiciones de las distintas redes disponibles¹.</p>
<p><i>Caché</i>, Servidor <i>caché</i>, Servidor espejo</p>	<p>Una memoria caché es una capa de almacenamiento de datos de alta velocidad que posibilita que las solicitudes futuras de dichos datos se accedan con mayor rapidez que si se hiciera desde la ubicación de almacenamiento principal. Los servidores <i>caché</i> o <i>espejo</i>, instalados fuera del área donde funcionan los servidores centrales de un operador o proveedor de contenidos reproducen el contenido del lugar central en un momento dado y los “acercan” a los usuarios de una determinada zona, evitando el uso de enlaces troncales internacionales o de larga extensión, a la vez que reducen la latencia.</p> <p>Los servidores espejo permiten que los ISP, en especial los situados en zonas lejanas, distribuyan desde sus propias redes ciertos contenidos o aplicaciones del servidor central de un proveedor de aplicaciones o contenidos muy populares, sin que sea necesario recurrir a conexiones de larga distancia y mejorando la calidad del servicio. Estos servidores pueden estar ubicados en <i>data centers</i> de un ISP, <i>data centers</i> generales o, mejor aún, en los IXP.</p> <p>Sumados a otros procesos de la <i>nube</i>, los servidores espejo se emplean para establecer los PoP de los CDN. Existen algunas modalidades especiales como los “nodos” perimetrales de Google: se trata de servidores de <i>Google Global Caché (GGC)</i>, una suerte de “caja negra” que Google instala en ciertos ISP o <i>carriers</i> bajo el principio de interconexión <i>peering</i> y que replica algunos contenidos estáticos muy solicitados (en especial videos de You Tube, los cuales consumen gran ancho de banda en la red). Esto permite que sus usuarios pasen por allí en lugar de ir a los PoP de los CDN de Google e incluso que lleguen a un IXP —si los servidores de dicho CDN se encuentran allí—, lo que también beneficia al ISP o <i>carrier</i> en ahorros de ancho de banda y de enlaces. Hasta ahora, estos nodos perimetrales se han instalado por ofrecimiento de Google (no a petición de los ISPs o <i>carriers</i>), que monitorea permanentemente el tráfico global que se dirige a sus sitios.</p>

¹ Debe recordarse que Internet es un conjunto de redes heterogéneas interconectadas por canales físicos e inalámbricos. Al usar los protocolos TCP/IP (ver IP), incluyendo el mismo BGP, el conjunto se convierte en una *red lógica* mundial. “Red lógica” significa que el contacto se establece entre emisor y receptor basados en sus datos identificatorios y de dirección, sin la necesidad de acordar un “canal” o “circuito” concreto. Dicho de otra manera, Internet es una red basada en el principio de *conmutación de paquetes de datos*, ya que en una comunicación los segmentos agrupados de datos en que se divide un mensaje total para su transmisión (paquetes) y que se originan en un punto “conmutan” por distintos caminos de la red, pero hacia un mismo destino final, el cual es determinado por la dirección IP. Esa dirección figura en los datos de encabezamiento de cada paquete.

A su vez, las redes de conmutación de paquetes son distintas a las redes de *conmutación de circuitos*, como la tradicional red telefónica fija (que establece un circuito mientras dura una llamada con un determinado abonado y “conmuta” a un circuito diferente cuando se llama a otro abonado) o las redes *punto a punto* (una línea o circuito directo entre dos puntos, sin posibilidad de conmutación).

Carrier	<p>Carrier, que podría traducirse como <i>operador troncal</i> u <i>operador mayorista</i>, es un operador de red que provee sus servicios a otros <i>carriers</i> (<i>carrier de carriers</i>) o a ISP minoristas. En principio, los <i>carriers</i> no tienen suscriptores individuales de <i>bucle local</i> o <i>última milla</i> como sí los tienen los ISP minoristas, pero puede ocurrir que la misma compañía o grupo empresario sea <i>carrier</i> e ISP minorista a la vez.</p> <p>Las redes de fibra óptica submarina o las terrestres interurbanas de amplia extensión (a veces se emplean tramos satelitales) son los enlaces típicamente operados por los <i>carriers</i> y conforman el <i>backbone</i> o red troncal de Internet, con alcances nacionales, regionales o mundiales. Los <i>carriers</i> pueden intercambiar su tráfico con otros <i>carriers</i> o con los ISP a través de los IXP.</p> <p>Los <i>carriers</i> (o sus redes) son clasificados con una escala de <i>Tiers</i>. Un <i>carrier</i> Tier 1 es aquel que tiene cobertura global, capacidad de transmitir un volumen muy elevado de datos al mismo tiempo y está conectado directamente a cada uno de los demás <i>carriers</i> Tier 1 y a numerosos <i>carriers</i> Tier 2. Los <i>carriers</i> Tier 1 se caracterizan por no comprar tránsito IP de ninguna otra red para alcanzar cualquier otra porción de Internet y son los exponentes máximos de <i>carriers de carriers</i>. Como ejemplo se puede citar la red mundial de Numen Technologies (ex-CenturyLink, ex-Level 3, ex-Global Crossing) que le permite a numerosos <i>carriers</i> Tier 2 en el mundo formar sus propias redes o llegar a destinos que de otra forma no alcanzarían.</p> <p>Un <i>carrier</i> Tier 2, en cambio, suele tener una cobertura nacional o regional y se conecta a unos pocos de Tier 1. Para llegar a gran parte de los destinos de Internet global, un <i>carrier</i> Tier 2 debe encaminar su tráfico a través de los de Tier 1. La escala continúa hasta el Tier 3, representado por los operadores minoristas locales, es decir los ISP que operan sólo en una ciudad o zona y tienen por suscriptores a usuarios individuales. Esos ISP de Tier 3 generalmente se conectan a Internet a través de uno o más <i>carriers</i> de Tier 2.</p>
CDN	<p>Content Delivery Network (Red de Distribución de Contenidos). Una red de servidores de Internet conectados entre sí y distribuidos estratégicamente en distintos PoP del mundo (o de una región), en los cuales se replica el contenido estático de un sitio principal o aplicación de Internet. Los servidores de los CDN se alojan en <i>data centers</i> o específicamente en los IXP, que en estos casos les permite a estos últimos un mejor cumplimiento de sus funciones.</p> <p>El principal objetivo de los CDN es acelerar el tiempo de carga “acercando” el contenido o sus servicios a los usuarios, disminuyendo la latencia y el uso de enlaces troncales. También evitan la congestión de enlaces que de otro modo se producirían cerca del servidor de origen. Para replicar contenidos de los sitios o aplicaciones centrales, los CDN usan los servidores <i>caché</i> o espejo y la tecnología <i>anycast</i> (que a su vez recurre a BGP y que permite que distintos servidores, no importa donde estén situados, empleen la misma dirección IP).</p> <p>Los interesados en desarrollar redes CDN son normalmente los grandes proveedores de contenido o aplicaciones que buscan expandir sus prestaciones en el orden regional o global, obtener un mayor número de usuarios y ofrecerles la mejor calidad o experiencias en sus servicios. Esos generadores de contenidos o aplicaciones como Google, Netflix o Facebook invierten en sus propias redes CDN y negocian para ubicar los correspondientes servidores en los IXP de distintos países. En otros casos, hay empresas como Akamai que ofrecen sus servicios de red CDN a terceros (declara ser la más grande del mundo, con 325.000 servidores en 130 países y cerca de 1.500 redes), las que también recurren a los IXP.</p>

Data Center	<p>Data Center (Centro de Datos o Centro de Procesamiento de Datos). Es un centro compuesto por equipos informáticos conectado a Internet en el cual se alojan los datos (incluyendo los sitios web, servidores CDN o <i>cachés</i>) de una entidad o empresa. Pueden ser privativos de una organización o prestar también o exclusivamente servicios a terceros. Asimismo, pueden estar conectados a Internet con enlaces propios (dedicados), de terceros o de <i>carriers</i>. Los <i>data centers</i> pueden conectarse también a los IXP y alojar algunos o todos de los servicios que los citados IXP prestan.</p> <p>De acuerdo con su infraestructura y confiabilidad para prestar un servicio constante, los <i>data centers</i> reciben certificaciones de Tier I (nivel básico), Tier II (redundante), Tier III (mayor redundancia) y Tier IV (completamente tolerante a fallos).</p>
DNS	<p>Domain Name System (Sistema de Nombres de Dominio). Los nombres de dominio son las denominaciones únicas que identifican un “sector” de Internet (google.com o wikipedia.com). El DNS representa las direcciones IP (aquellas numéricas asignadas a cada recurso conectado a Internet, como 216.58.210.163) en un formato más comprensible (como www.google.com). Esto se efectúa a partir de una nomenclatura jerárquica descentralizada, compuesta por un TLD y un RD (ver).</p>
ENACOM	<p>Ente Nacional de Comunicaciones. Organismo regulador de las TIC en Argentina, creado en 2015 tras la unificación de los reguladores previos separados de las telecomunicaciones y la radiodifusión. Es autónomo (descentralizado), pero desarrolla su labor en el ámbito de la Secretaría de Innovación Pública de la Jefatura de Gabinete de Ministros de la Presidencia. En el pasado, igualmente autónomo, estaba bajo la órbita del Ministerio de Comunicaciones (2015-2017) y del Ministerio de Modernización –luego Secretaría de Gobierno de Modernización– (2017-2019), ambos disueltos. El ENACOM otorga también las licencias para cualquier servicio TIC. Existe una Subsecretaría de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (antes de 2019 Secretaría) que fija las políticas y que actualmente depende de la mencionada Secretaría de Innovación Pública.</p>
Gb, Mb, Tb	<p>Gigabit por segundo, Megabit por segundo, Terabit por segundo. Tasa de transferencia de datos en conexiones de Internet, cuya abreviatura formal en la notación internacional es Gb/s, Mb/s y Tb/s (aquí usamos las abreviaturas indicadas a la izquierda). Estas tasas son soportadas según el ancho de banda que tenga la conexión. En las conexiones de bucle local de usuario y en la publicidad de las ISP se las llama simplíficadamente “gigas” o “megas” para referirse a la “velocidad” de la conexión.</p> <p>No deben confundirse con Gigabytes (GB) o Megabytes (MB) que son unidades que se usan generalmente para designar la capacidad de almacenamiento de un dispositivo. Un byte son 8 bits y es la unidad mínima que se necesita para representar un signo (como los caracteres ASCII que se emplean para escribir en las computadoras).</p>
ICANN	<p>Internet Corporation for Assigned Names and Numbers. Es una organización internacional constituida como asociación sin fines de lucro con sede en San Francisco, CA, Estados Unidos, con representación de distintas regiones mundiales, responsable de asignar las direcciones del protocolo IP y los identificadores de protocolo. Tiene a su cargo la gestión del DNS y de los servidores raíz. Algunas de sus funciones son delegadas o coordinadas con otras entidades. En América Latina existe el LACNIC.</p> <p>ICANN es uno de los llamados organismos de <i>gobernanza</i> de Internet, llevada a adelante por entidades y acuerdos de cooperación voluntaria, relativamente al margen (o no completamente subordinados) a autoridades reguladoras</p>

	<p>nacionales y organismos gubernamentales multilaterales, al contrario de lo que aconteció anteriormente por cerca un siglo y medio en el sector de las telecomunicaciones.</p>
<p>IP, TCP/IP IPv4, IPv6.</p>	<p>Internet Protocol (Protocolo de Internet). Un protocolo es lo que define las reglas, sintaxis, semántica, sincronización y métodos de corrección de error de dos o más terminales que intercambian datos y participan en un circuito (vía de enlace). El protocolo –o más propiamente grupo de protocolos– utilizado en Internet se lo llamó inicialmente TCP y luego derivó en el concepto más abarcativo de TCP/IP. Una de las partes de este protocolo tenía que ver con la cabecera de cada paquete de datos transmitido (información de control), que indica el dispositivo de dirección de destino (dirección IP, aquellas que se expresan numéricamente como 216.58.210.163 y son traducidas por DNS a notaciones como www.google.com). La versión de IP utilizada predominantemente hasta 2005-2010 fue la llamada IPv4 (paquetes de 32 bits), pero como llegó al límite del agotamiento, se viene reemplazando gradualmente con IPv6 (paquetes de 128 bits), con una muy elevada capacidad de atribución de direcciones IP.</p> <p>En otro sentido, la sigla IP es usada también en nuestros días para caracterizar modalidades tradicionales (telefonía, TV paga) y que ahora se pueden ejecutar en IP y son ofrecidas a los usuarios conectados a un ISP. Se emplea el ancho de banda del bucle local, pero creando una vía separada de la conexión normal a Internet de dichos usuarios (por la conexión normal se accede a Internet general y, por lo tanto, a sitios y aplicaciones como Skype, Zoom, Netflix o YouTube). Así se habla de telefonía IP (ofrecida por distintos ISP) o de IPTV (que es el método crecientemente empleado por las compañías de televisión por cable que son también ISP).</p>
<p>ISOC</p>	<p>Internet Society. Es una organización no gubernamental internacional dedicada exclusivamente a promover el desarrollo mundial de Internet. Fue fundada en 1992 por una gran parte de los “arquitectos” pioneros encargados de su diseño. ISOC tiene como objetivo principal ser un centro de cooperación y coordinación global para el desarrollo de protocolos y estándares, intercambio mundial de información sobre Internet, así como estudios e iniciativas educativas y de capacitación. Cuenta con alrededor de un centenar de organizaciones miembro y más de 28.000 miembros individuales agrupados en más de 80 capítulos nacionales en los distintos países del mundo.</p> <p>Si bien no está a cargo materialmente de la administración de ningún aspecto de la red, se la considera como otro de los organismos de <i>gobernanza</i> de Internet (ver ICANN).</p>
<p>ISP</p>	<p>Internet Service Provider (Proveedor de Internet). Es el operador que ofrece acceso a la red de Internet a los usuarios. El término se lo usa con preferencia para describir a un proveedor minorista de acceso a Internet, el cual es suministrado a través de un <i>bucle local</i> o de <i>última milla</i> (físico o inalámbrico) de una compañía telefónica fija, móvil o de TV paga, pero hay también ISP que ofrecen exclusiva o preferentemente el servicio de Internet, en este último caso orientado con frecuencia al mundo corporativo. Al mismo tiempo, entidades o empresas que son ISP minoristas también pueden operar su propia red troncal para servicio propio o a terceros, con lo cual son a la vez <i>carriers</i>.</p> <p>Aunque la abreviatura ISP se utiliza a veces para describir también a los operadores mayoristas, en este trabajo se emplea a esos efectos el término <i>carrier</i>. El término ISP lo reservamos para los operadores minoristas y que ofrecen servicios a los usuarios individuales, sean o no a la vez operadores <i>carrier</i> Tier 1 o Tier 2. Como ejemplos se puede citar a Fibertel (Argentina), VTR (Chile). Kölbi (ICE) (Costa Rica), la Cooperativa de Servicios Públicos de</p>

	Colonia Caroya y Jesús María (Argentina), GTD (Chile), Coopeguanacaste (Costa Rica) o Movistar (en los tres países).
IXP	<p>Internet Exchange Point (Punto de Intercambio de Internet). Son el objeto de estudio de este trabajo (ver <i>Introducción</i>). La caracterización y abreviatura IXP es la que parece haberse impuesto para designar a los puntos expresamente instalados para intercambiar tráfico de Internet. En épocas anteriores se utilizaba Network Access Point o Punto de Acceso de Red (NAP), lo cual se refleja aún en las denominaciones actuales de IXP creados en épocas tempranas como el NAP Chile (1997) o el NAP de las Américas, en Miami (2001). En ciertos países se los identifica con una denominación legal-regulatoria, como en Chile, cuya normativa posterior a 1999 los llama PIT (Puntos de Intercambio de Tráfico).</p> <p>Algunos autores utilizan todavía el concepto NAP para referirse exclusivamente a IXP bilaterales, es decir a aquellas conexiones directas entre dos <i>carriers</i>.</p>
LACNIC	<p>Es el Registro de Direcciones de Internet de América Latina y el Caribe, constituido como una organización no gubernamental internacional, formada por numerosos miembros y que administra los números IP (IPv4, IPv6) y ASN. Fue fundada en 2002 y tiene su sede en Montevideo, Uruguay. De acuerdo a su sitio <i>“promueve y defiende los intereses de la comunidad regional y colabora en generar las condiciones para que Internet sea un instrumento efectivo de inclusión social y desarrollo económico”</i> en la región.</p> <p>Se lo considera como otro de los organismos de <i>gobernanza</i> de Internet (ver ICANN).</p>
LACTLD	LACTLD es una asociación sin fines de lucro de actuación regional que nuclea principalmente a los NIC (ver TLD, RD) de cada país latinoamericano, aunque también son parte ISOC, ICANN y LACNIC y otras entidades. Fue fundada en 1998 y tiene su sede en Montevideo, Uruguay. Es considerada otra entidad de <i>gobernanza</i> de Internet (ver ICANN).
Nube	Metáfora proveniente de la expresión en inglés <i>Cloud Computing</i> y que se refiere a un conjunto muy variado de infraestructuras, procesos y servicios que una empresa o entidad desarrolla para sí misma o bien ofrece a terceros usuarios a través de las redes a escala mundial o regional. Incluye el almacenamiento de información en <i>data centers</i> , alojamiento de sitios, ciberseguridad, CDN, <i>cachés</i> y muchos otros. Se ha generalizado últimamente hablar de las “tres capas” de la nube: infraestructura como servicio, plataforma como servicio y <i>software</i> como infraestructura (en este último caso, cuando se sustituyen componentes físicos por programas informáticos que cumplen la misma función).
PCH	Packet Clearing House. ONG con sede en San Francisco y de actuación mundial, que promueve IXP neutrales y ofrece asistencia con equipos, asesoramiento y capacitación.
PoP	Point of Presence (Punto de Presencia). Es el lugar físico de la red en el cual un actor de Internet (operadores, proveedores de servicios) tiene equipos que posibilitan el acceso o la distribución de sus servicios. Los CDN o servidores espejo o <i>caché</i> colocados en distintos lugares –que entre otros sitios están en los IXP–, constituyen algunos de los casos de equipos instalados en los PoP.

<p>Root Server, Servidor Raíz.</p>	<p>Un Root Server o Servidor Raíz es un servidor conectado a la red con funciones especiales, ya que conoce la ubicación de los TLD, también llamados dominios “raíz” de los DNS. Posibilita el contacto con las direcciones de Internet requeridas, dirigiendo las solicitudes a los servidores correspondientes. Hay 13 servidores raíz en el mundo, caracterizados con letras que van desde la “A” a la “M” (con direcciones IPv4 e IPv6).</p> <p>La gestión básica de los servidores raíz es responsabilidad de ICANN, que ha delegado su operación en terceras instituciones bajo su supervisión. Por ejemplo, el servidor raíz “A” está a cargo de Versign Inc. y el “D” es manejado por la University of Maryland. Se ocupan de que el intercambio de datos con la zona raíz se lleve a cabo de manera correcta y de que esté disponible y sea seguro.</p> <p>Como en el caso de los CDN, los servidores raíz pueden ser replicados en servidores espejo situados en <i>data centers</i> o en IXP y a los cuales se accede mediante la tecnología <i>anycast</i>. De esta forma se “acercan” a usuarios de distintas partes del mundo, permitiendo resolver más rápido los pedidos de direcciones.</p>
<p>SUBTEL</p>	<p>Subsecretaría de Telecomunicaciones. Organismo regulador de las TIC en Chile, creado en 1977 y dependiente del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile. SUBTEL otorga licencias TIC y establece reglamentaciones generales, mientras que el Ministerio define las políticas.</p>
<p>SUTEL</p>	<p>Superintendencia de Telecomunicaciones. Organismo regulador de las TIC en Costa Rica. Funciona como el único organismo especializado de “desconcentración máxima” de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESP), entidad autónoma (descentralizada) del gobierno. SUTEL fue creado en 2008, tras la apertura competitiva del mercado. Las políticas generales del sector, sin embargo, son fijadas por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones, establecido en 2012. Este último otorga también las licencias TIC.</p>
<p>TLD, RD</p>	<p>Top Level Domain (Dominio de Nivel Superior). Es la parte del DNS que expresa la más alta jerarquía del dominio, es decir, el dominio “raíz”. Los TLD pueden ser geográficos (como .ar, .cl o .cr) o genéricos (.com u .org); también hay otros específicos para ciertas actividades, entidades o empresas. Además del TLD, existen los RD (<i>Register Domain</i> o Dominio de Registro), los que corresponden a sitios determinados, tales como google, wikipedia, ebay, bbva, claro, clarin, elmercurio, nacion, coca-cola o diegomaradonagroup. La coordinación global de los nombres de dominio la ejerce ICANN.</p> <p>Los TLD geográficos (ccTLD) son administrados por los Network Information Centers o Centros de Información de Red (NIC), tales como NIC.AR (Argentina), NIC.CL (Chile) o NIC.CR (Costa Rica), Los NIC están generalmente a cargo de áreas de gobierno o entidades académicas de cada país y asignan también los RD en el ccTLD correspondiente, pudiendo disponer para sus países de las terminaciones como .com, .org., etc. Los TLD genéricos (gTLD) de los Estados Unidos —que no se usan con un ccTLD— y que a veces son considerados como “globales”, son gestionados por distintas entidades o empresas por delegación de ICANN. Verisign, Inc., por ejemplo, maneja los dominios .com y .net y la ISOC el dominio .org.</p>

Aclaraciones:

- Todos los sitios web mencionados a lo largo del texto y como bibliografía y fuentes han sido consultados en enero de 2021.

- La expresión “dólar/es” significa la moneda de los Estados Unidos (USD, según código ISO 4217).
- Las fechas completas se designan numéricamente de la siguiente manera: dd.mm.aaaa, donde *dd* es día, *mm* el mes y *aaaa* el año.
- En todo el texto, los valores numéricos se expresan con cifras en donde la parte entera se separa de la decimal con una coma (,) y en los números enteros que superen el valor de diez mil se utilizan puntos (.) para expresar las centenas.

INTRODUCCIÓN

Los puntos de intercambio de Internet (IXP) son elementos vitales en la configuración y funcionamiento de la red. Se trata de un concepto que es a la vez tecnológico e institucional: la Internet Society describe a un IXP como “*una ubicación física y generalmente neutral donde se encuentran diferentes redes IP para intercambiar tráfico local a través de un conmutador*”².

La clásica modalidad de interconexión de redes de telecomunicaciones, en la cual dos redes intercambian su tráfico de modo que cada usuario de una de ellas pueda llegar a cualquier destinatario de la otra, adquiere de esta forma un nuevo significado. Si bien en Internet la interconexión significa vincularse a red general o *Wide Area Network* —lo que queda consumado por el simple enlace con al menos un tramo de ella— la clave no es solamente incorporarse a la red, sino las condiciones en las cuales esto se hace.

Cuanto más lejos geográficamente se encuentre el punto de interconexión entre dos redes y entre un usuario final y otro de cada una de ellas (o entre un usuario final y un servicio o contenido al que se pretenda acceder) existirán más desventajas en una serie de variables: costos, velocidad de transferencia de datos, ancho de banda utilizado y funcionalidades, las cuales inciden en la calidad y economía del servicio.

De esta forma, pueden considerarse tres niveles de interconexión entre proveedores:

- **Nivel básico:** Una red/ISP se conecta a un servidor determinado y los procesos asociados a su funcionamiento (“nube”) y así queda incorporado a esa “red de redes” mundial que es Internet. Esto puede implicar que dos redes intercambien su tráfico local a través de servidores lejanos, haciendo que los datos recorran grandes distancias, cuyos correspondientes costos, uso de enlaces y ancho de banda, así como la demora en el tiempo, podrían ser evitados si los datos no salieran de la ciudad, región o país. Es el típico caso de los inicios de Internet, cuando las redes de muchas naciones se conectaban entre sí a través de los países centrales.

² <https://www.internetsociety.org/es/issues/IXP-es/>

- **Nivel localizado simple:** Una red/proveedor ISP se conecta directamente con otro que opere en la misma ciudad, región o país en un punto situado en esa área, de modo que el tráfico local no salga de dicho ámbito.
- **Nivel localizado múltiple:** Un IXP (que no se limite a dos participantes) queda configurado cuando varias redes/proveedores ISP que operen en un ámbito local o regional buscan intercambiar su tráfico en ese nivel y advierten que lo más conveniente es crear un punto de intercambio común en el área donde todas esas redes se conecten.

A su vez, las interconexiones pueden darse a de acuerdo con dos modalidades:

- **Peering:** Dos o más redes intercambian mutuamente su tráfico, es decir, que cada una permite el uso de sus redes por parte de la otra, en forma gratuita (aunque puede haber pagos por ciertos gastos de infraestructura o dispositivos). Para que esto sea viable, las dos redes deben contar con características equiparables en cuanto a cobertura geográfica, capacidad, servicios y cuantía de tráfico, de modo que puedan compartir costos y beneficios más o menos equitativamente.

Originalmente, el *peering* era practicado por los *carriers* Tier 1. Sin embargo, hoy día es común que el *peering* sea efectuado entre muchos carriers Tier 2 e ISP, así como entre proveedores de contenidos.

El *peering* puede ser *bilateral* (“privado”, entre dos redes/ISP) o *multilateral* (“público”, más de dos y con posibilidad de incorporación de nuevos participantes, modalidad representada por los IXP).

- **Tránsito:** En un acuerdo de tránsito una red/ISP le paga a un operador de nivel superior por el acceso a la red general global de Internet. El ISP que genera el tráfico paga el costo total de la interconexión, dependiendo del volumen de tráfico, las características del mercado y otras circunstancias, precio que es negociado libremente entre las partes.

En un acuerdo de tránsito la parte compradora paga por acceder a todos los destinos de Internet, ya que generalmente tiene lugar con un *carrier* Tier 1 (alcance mundial o *backbone* global) o un operador Tier 2. En cambio, el *peering* requiere la celebración de acuerdos multilaterales para lograr el mismo resultado, pero evita el desembolso de dinero.

Los IXP recurren típicamente a la modalidad de *peering* multilateral para facilitar y favorecer el intercambio de tráfico, estableciendo reglas de mayor o menor complejidad que deben satisfacer los ISP que se conecten, pero siempre con la intención de que la mayor parte de operadores participen.

Interconexiones con ventajas. El proceso por el cual el tráfico local sale del área y luego vuelve para llegar a un destino a otra red de la misma área se llama *tromboning* (metáfora originada en el movimiento de ida y vuelta de la

varilla del instrumento musical, *trombón*). Fue la situación de Internet en sus comienzos en muchos puntos de América Latina, cuando el tráfico de una red para llegar a un país limítrofe o incluso a una red distinta del mismo país debía viajar a los Estados Unidos (en algunos pocos casos a Europa) —donde se consumaba la interconexión de ambas redes— y luego regresar.

Una buena parte del tráfico de Internet se desarrolla entre usuarios finales locales: más allá de la creciente globalización, por una obvia cuestión geográfica y de entorno cultural, la mayoría de los contactos entre personas, así como el consumo de contenidos y servicios, tiene lugar en un mismo país o región.

Pero el *tromboning* no sólo desafía esa lógica. Como una “balanza de pagos” de tráfico IP, genera “exportaciones” de datos que en muchos casos no tienen beneficios ni ganancias. El viaje de datos transfronterizo contribuye a la integración global económica, cultural y de conocimientos entre personas e instituciones, pero sólo cuando se trata de contactos verdaderamente internacionales, no de contactos locales o regionales que se hacen de este modo por falta de alternativas de enrutamiento.

Aun así, generadores globales de contenidos/servicios también se benefician de un mejor acceso desde terceros países cuando recurren a los CDN: servidores convenientemente localizados por tales proveedores o por terceros instalados en distintos lugares del mundo —normalmente en los mismos IXP—, los cuales “acercan” esos contenidos a usuarios o audiencias locales.

Al evitar el viaje innecesario de datos a largas distancias y mantener el tráfico local en el ámbito local, las ventajas de un IXP pueden resumirse en los siguientes puntos:

1. Disminución de costos económicos: el tránsito de datos a lugares remotos implica que una red/ISP muy frecuentemente debe celebrar acuerdos directos de tránsito con *carriers* Tier 1, los que implican pagos que podrían no hacerse (pero que son transferidos a los usuarios finales). ISOC afirma que los IXP pueden garantizar que el tráfico entre remitentes y destinatarios locales utilice conexiones locales relativamente económicas, antes que costosos enlaces internacionales. Dado que el tráfico local puede representar una parte significativa del tráfico total de un ISP, los ahorros de costos pueden ser significativos, llegando hasta un 20 por ciento o más en algunos países³.
2. Uso innecesario de ancho de banda: los enlaces internacionales, particularmente los cables submarinos de fibra óptica, se sobrecargan de datos cuya circulación podría ser evitada. Esto supone un uso ineficiente de las redes y tiene también efectos de encarecimiento económico, al

³ Internet Society (2015). *Informe de políticas: Puntos de intercambio de tráfico de Internet*. Disponible en <https://www.internetsociety.org/es/policybriefs/ixps/#:~:text=Los%20puntos%20de%20intercambio%20de,centro%20para%20la%20actividad%20t%C3%A9cnica>.

generar costos de mantenimiento y de operación de infraestructura que podría ser evitada.

3. Disminución de la latencia: La latencia es el tiempo que tarda en transmitirse un paquete dentro de la red⁴ e influye, por ejemplo, en la demora de carga de un sitio de Internet y en la velocidad de la conexión. La latencia desalienta o dificulta el acceso a sitios o funcionalidades de la web con los consiguientes desventajas y costos indirectos para usuarios (pérdida de tiempo o de acceso) y problemas para el uso de aplicaciones o servicios avanzados (*gaming*, algunos casos de IoT o 5G, entre otros).

Los mayores costos para ISP y precios más altos a usuarios finales combinados con la degradación de la calidad del servicio que implican altas latencias, inciden no sólo en la performance de Internet en sí mismo. También afectan modalidades como el teletrabajo, la cultura y el entretenimiento (acceso a contenidos), la generación y compartición de conocimiento y actividades que van de la educación a la seguridad, con su consiguiente impacto en el PBI de una nación.

En tanto brindan una solución tecnológica y un entorno institucional adecuado para el intercambio de tráfico entre distintos operadores de Internet, los IXP aprovechan eficazmente la infraestructura ya instalada en un país o región (o a la que tiene acceso), permitiendo optimizar la circulación de los datos.

INTERNET, GOBERNANZA, REDES Y LOS IXP

Internet es una red que fue inicialmente montada sobre redes físicas o inalámbricas destinadas a otros usos (telefonía, transmisión de video). En esas redes preexistentes, los encaminamientos (circuitos) estaban bien definidos y coincidían con el trazado físico de las líneas o los puntos vinculados inalámbricamente.

Esto implicaba infraestructuras “pesadas”, así como vías de comunicación precisas y con jerarquías centralizadas (cables, radioenlaces, transmisores, frecuencias). Por razones de emplazamiento, protección de derechos de terceros o “monopolios naturales” (presuntos o reales), estaban sujetas a estrictas autorizaciones y a una fuerte regulación por parte de los estados nacionales, complementada con acuerdos de organismos internacionales públicos multilaterales.

Pero, de la misma forma en que los estados y reguladores de telecomunicaciones no podían decirle a los usuarios en qué idioma hablar por teléfono, ni qué programas debía emitir una señal de TV paga, tampoco pudieron intervenir cuando Internet se inició como una “red lógica”. Esto es, con flujos de emisión y recepción, lenguaje y protocolos que aprovecharon

⁴ La latencia se mide normalmente en milisegundos (ms), es decir, milésimas de segundo.

redes que ya estaban autorizadas y reguladas, aunque para una función original distinta.

Las redes se digitalizaron, los dispositivos de computación y móviles se masificaron e Internet pasó a ocupar un lugar cada vez más central en este entramado de conexiones. Además de ser una “red lógica” y no física-radioeléctrica-satelital *per se*, Internet desarrolló *su propia lógica*.

Más allá de motivaciones o participaciones de áreas de gobierno o de sectores militares, Internet surgió y evolucionó inesperadamente, a partir de una interacción bastante horizontal entre el sector público, la academia, la empresa privada y las ONG, relativamente al margen de imposiciones de los clásicos reguladores de telecomunicaciones. Estos últimos no tenían que autorizar o regular nada al respecto, como no tenían jurisdicción sobre el lenguaje telefónico o los ritmos musicales de MTV.

Así, Internet pudo debatir y establecer sus propias normas y expandirse sin muchos problemas desde los países centrales a todo el mundo y desde los claustros universitarios al mercado general de lo que luego se llamó las TIC, uno de los más importantes dinamizadores actuales de la economía. Además de generar utopías tecnopolíticas también creó sus propias reglas, en gran parte por acuerdos entre sus participantes: pequeños o grandes, locales o globales, comerciales o sin fines de lucro.

Un complejo pero eficaz sistema de autorregulación o de *gobernanza* mundial se fue desarrollando a partir de decisiones que, por más que en ellas hubiera a veces una participación *soft* de gobiernos, no dejaban de ser adoptadas por iniciativas voluntarias o consensuadas entre sus actores.

Los IXP son un genuino emergente de este contexto. Cualquiera podía conectarse a la Internet general pagando su tramo de enlace y ofrecer el servicio a terceros. Pero, como dice un proverbio que se repite con variantes en numerosas culturas –incluso la latinoamericana– *no se trata de llegar primero, sino que hay que saber llegar*. Es decir, no se trata sólo de conectarse, sino que hay que hacerlo de la mejor manera.

Tanto en América Latina como en otros lugares, los ISP advirtieron por sí mismos que enlazarse a Internet a través de los Estados Unidos –el país que lo había “inventado” y que a la vez era la nación con la mejor infraestructura, contenido más demandado y, al menos en teoría, la más desarrollada del orbe– no bastaba.

Las comunicaciones entre los usuarios de un mismo país eran muchas veces lentas por el largo de camino de ida y vuelta que debía recorrer el tráfico. Los operadores debían pagar costosos enlaces internacionales en dólares simplemente para que un argentino *porteño* pudiera contactarse con su vecino de la misma Buenos Aires, pero al otro lado del Obelisco, para que un *nortino* chileno consiguiera leer *El Mercurio* de Santiago o para que un *tico* de San José pudiera enviarle un email a su tía de Guanacaste.

Al mismo tiempo, estas rutas comprometían la estabilidad y continuidad de las comunicaciones: si había un inconveniente en los Estados Unidos o un problema en algún punto intermedio del enlace (un terremoto físico o aún político) ¿los usuarios de un ISP no podrían contactarse con los de otros ISP del mismo país?

Y mientras tanto, si proveedores de servicios o contenidos tan demandados a nivel mundial pero con sede en los Estados Unidos (o algún país europeo), como Google, las redes sociales, YouTube o Uber, querían expandir sus servicios, captar nuevos usuarios y ofrecerles la mejor experiencia *online*, ¿por qué no acercar la infraestructura de estos proveedores al público de cada país? *La montaña va a Mahoma*, dice otro proverbio y así se configuraron los CDN.

Aunque este “acercamiento” de los contenidos beneficia a las naciones receptoras (nuevamente, al evitar salida de tráfico) no faltarán quienes lo señalen como otra forma de “dependencia” hacia el mundo desarrollado. Pero lo cierto es que este principio también se puede aplicar dentro de cada país (o región), en particular en aquellos de gran territorio. (No es raro que enlaces troncales nacionales a zonas remotas sean más caros aún que los internacionales.)

Cada país se beneficia si se evita que dos usuarios en distintas ciudades interiores deban contactarse a través de la capital nacional y, en cambio, se vinculen por un IXP de un punto cercano a ambos. Puede ser para ver el *streaming* del partido de fútbol de un equipo de una ciudad jugando como visitante en otra, para teletrabajar con una sucursal secundaria de una empresa o para acceder a redes sociales de un grupo zonal. Y aun en naciones pequeñas, como Costa Rica, el beneficio de contactarse con estados vecinos como Panamá o Nicaragua a través de un IXP regional —sin pasar por Miami o países de Sudamérica— es evidente.

Por otro lado, cuando el IoT esté más desarrollado, el teletrabajo sea más exigente, el control a distancia de infraestructura se torne más complejo, las aplicaciones científicas y médicas se generalicen aún más y a medida que el *streaming* o el IPTV continúen desplazando a la radiodifusión, las reducciones de latencia que posibilitan los IXP serán más importantes que nunca.

Al igual que las normas cooperativas y voluntarias de Internet, los IXP resolvieron de la manera más eficiente los problemas del tráfico, generalmente sin que nadie les impusiera nada, al menos en etapas iniciales.

Aun si se considera el caso de las pocas normativas obligatorias en la región que dispusieron la formación de IXP, como en Chile, debe recordarse que el primer IXP de ese país se formó espontáneamente antes de esa fecha. Mas aún, la obligatoriedad dispuesta por el regulador SUBTEL fue interpretada por ISP y *carriers* chilenos como un mero mandato de conexión bilateral (que sin embargo cumplió una función importante en esa etapa para reducir “fugas” y costos de tráfico).

Sólo años después, cuando el mercado maduró y la competencia se incrementó, se terminó formando voluntariamente un verdadero IXP multilateral, neutro y

participativo. Al contrario de Argentina y de Costa Rica antes de la pandemia, PIT Chile reúne desde su fundación en 2016 también a prestadores pequeños y operadores dominantes, casi sin exclusiones de actores relevantes. Además, hoy es el segundo IXP latinoamericano en términos de tráfico. Un caso tardío, pero de contundente éxito.

Esto no significa disminuir el mérito de otros casos. En la Argentina, desde hace años CABASE ha hecho un excelente trabajo en ubicar un alto número de IXP con una distribución geográfica amplia y racional, aun en ciudades secundarias o pequeñas. Podría decirse que en ese aspecto (IXP/superficie o IXP/habitantes) no es igualada por ningún país latinoamericano. Todo esto, además, por iniciativa de los propios interesados y sin ningún apoyo o inducción de las autoridades (aunque sin trabas por parte de ellas, en un país con recurrentes escenarios de inestabilidad macroeconómica y política).

En Costa Rica, el gobierno fue incubador de un eficaz IXP multilateral y neutro, pero la iniciativa no buscó imponer un modelo inconsulto ni un avance anticompetitivo. Fue tan así que el propio operador estatal –que es también el dominante– rechazó incorporarse al IXP por varios años. De todas formas, el regulador SUTEL no implantó obligaciones ni normas al respecto, ya que en realidad el impulso provino del sector académico y también de organismos de gobernanza internacional, que dieron asesoramiento y apoyo. Además, se crearon espontáneamente otros IXP, incluso uno que se orienta a conexiones internacionales centroamericanas.

Para alcanzar sus objetivos, los IXP pueden funcionar como entidades cooperativas o sin fines de lucro, como sociedades anónimas con participación de sus mismos *stakeholders* o aún como empresas comerciales “puras” (pero cuyas utilidades se deriven de servicios neutros y no discriminatorios y sin que esas ganancias estén relacionadas con la propia circulación del tráfico).

Y más allá de su organización, los IXP siempre serán centros de intercambio de experiencias, información y conocimientos entre sus participantes: la misma dinámica sinérgica que hizo de Silicon Valley un centro de excelencia. En ese ambiente surgieron desde el (inicialmente solitario) garage de Hewlett-Packard o el (también inicialmente) incomprendido Palo Alto Research Center de Xerox hasta los actuales Google, Apple, Facebook o Netflix y otros aún desconocidos que en estos mismos instantes comienzan como emprendimientos pyme.

Para los IXP, sin embargo, cada país es un caso diferente y no puede hablarse de un modelo único, ya que existen circunstancias políticas, históricas, tecnológicas, económicas y culturales igualmente diferentes⁵. Lo importante es que los IXP cumplan con su cometido, el cual puede admitir mucha flexibilidad, considerando que sus objetivos han variado y pueden seguir variando con el tiempo, como bien señala un experto⁶. Así, de la idea originaria de abaratar el costo por enlaces se pasó a ofrecer infraestructura y “nube” a sus participantes conectados y ahora se busca “acercar” contenidos.

⁵ Echeberría (2020a), p. 28.

⁶ Echeberría (2020a), p. 12.

El futuro encierra también interrogantes, como se analiza a lo largo de este trabajo y en sus conclusiones, los que pueden afectar a los IXP: una posible irrelevancia de los costos del transporte por distancia, avances tecnológicos imprevisibles pero que logran cancelar la latencia o un mundo donde los contenidos se generen y consuman de una manera muy diferente a la actual. Porque, como dijo el indispensable Arthur C. Clarke —escritor de ficción y gran científico al mismo tiempo—, “*cualquier tecnología avanzada es virtualmente indistinguible de la magia*”.

A continuación, se abordan los casos de los IXP en tres países latinoamericanos: Argentina, Chile y Costa Rica, mediante la descripción y el análisis de los IXP en sí mismos, tanto en sus aspectos operativos como institucionales y cuantificando hasta donde sea posible sus beneficios. Subsidiariamente, se examinan también los entornos tecnológicos (infraestructura, CDN) y regulatorios en las naciones o áreas donde funcionan tales IXP. Seguidamente, se presentan las conclusiones generales y, por último, se expone una bibliografía comentada sobre IXP en América Latina.

ARGENTINA: UN IXP CENTRAL Y VARIOS POR ZONA GEOGRÁFICA, PERO UNA SOLA ENTIDAD

En la Argentina todos los IXP existentes están a cargo de una misma entidad, CABASE, fundada en 1989 como Cámara Argentina de Bases de Datos y Servicios en Línea y que luego cambió su nombre a Cámara Argentina de Internet.

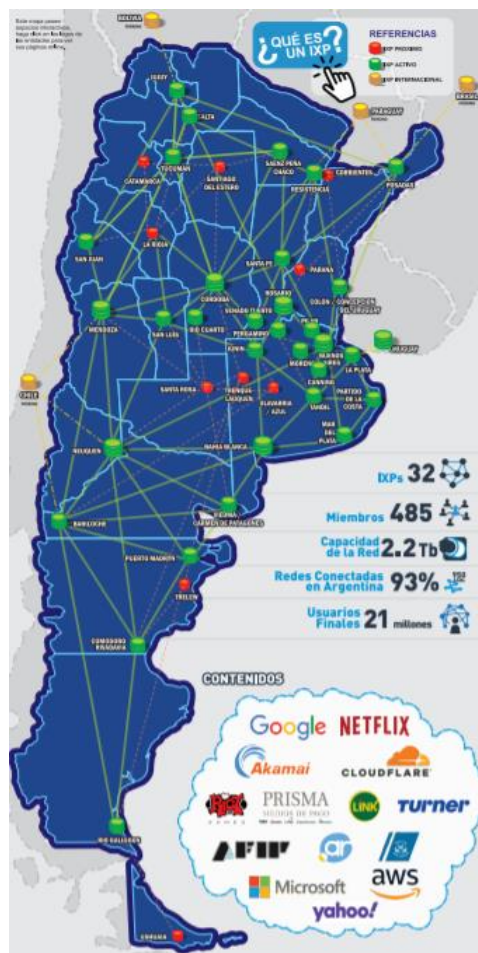
Establecimiento, entorno y evolución de los IXP. El primer IXP argentino fue creado en 1998 por CABASE y se localizó en Buenos Aires. CABASE funciona como cámara empresarial del sector y agrupa a la gran mayoría de ISP, *carriers*, *data centers*, empresas de *hosting*, proveedores de contenido y tecnología, así como la academia y algunas entidades de gobierno, es decir, reúne al ecosistema de Internet con un alto grado de representatividad.

La experiencia del IXP logró sobrellevar el retiro en 2004 de los dos grandes incumbentes (Telecom Argentina y Telefónica de Argentina, operadoras históricas de la red fija en el norte y el sur del país y que luego incursionaron en los servicios móviles e Internet; ver apartado *Regulación y políticas públicas*). A partir de 2010, los puntos de intercambio de tráfico se expandieron al interior del país hasta alcanzar los 32 IXP, conectados todos al IXP principal de Buenos Aires⁷. Tanto el IXP principal como los del interior son operados por la propia CABASE; no se creó una entidad o figura societaria *ad hoc*.

⁷ Los IXP operativos en la Argentina a enero de 2021 son los siguientes: Buenos Aires, Gran Buenos Aires-Zona Norte (GBA-Norte), Gran Buenos Aires-Zona Oeste (GBA-Oeste), Gran Buenos Aires-Zona Sur (GBA-Sur), Rosario, Córdoba, Tucumán, Mendoza, La Plata, Mar del Plata, Salta, Santa Fe, Neuquén, Bahía Blanca, Posadas, San Juan, San Luis, Jujuy, Resistencia, Mar del Tuyú (Partido de la Costa, Provincia de Buenos Aires), Junín, Pergamino, Tandil, Río Cuarto, Sáenz Peña (Provincia del Chaco), Viedma, Bariloche, Comodoro Rivadavia, Río Gallegos, Concepción del Uruguay, Puerto Madryn y Venado Tuerto. Mapa disponible en <https://nuestrarevista.com.ar/PosterCabase2020interactivoOK.pdf>

Inicialmente los IXP de CABASE sólo pretendieron ser un punto neutral de intercambio de tráfico multilateral, más que nada para reducir la necesidad de que el tráfico local saliese del país y de esa forma disminuir costos de pequeños y medianos ISP. Posteriormente se incorporaron CDN y *cachés*, generándose una mayor demanda agregada para que el contenido se “acercara” al usuario a través de CDN y *cachés*. A medida que se iban creando distintos IXP en el interior del país fue aumentando también el tráfico intercambiado.

El actual presidente de CABASE, Ariel Graizer, dice que la gradual pero considerable caída de los precios del transporte internacional “*hace que esta cuestión sea menos relevante, aunque todavía puede ser importante en el caso de costos de transporte nacional en rutas con baja competencia*”. A la vez, añade, “*crece su importancia como agregadores de demanda de contenidos y aplicaciones*”⁸.



Distribución de los IXP en Argentina

Fuente: CABASE, 2020.

Organización y financiamiento. CABASE es una cámara empresarial constituida bajo la figura de asociación sin fines de lucro y sigue un modelo cooperativo en el que cada miembro tiene un voto. Esta dirigida por un Consejo compuesto por

⁸ Ariel Graizer, presidente de CABASE, entrevista personal.

un presidente, siete vicepresidentes, un secretario, un tesorero, seis vocales titulares y cinco suplentes y una comisión revisora de cuentas de dos miembros. Además, hay un *staff* técnico de 24 personas, desde el gerente general hasta el personal administrativo⁹.

Por su parte, cada IXP tiene una ‘mesa’, conformada por un representante de cada uno de los participantes conectados, la que se reúne para debatir y compartir estados una vez al mes. Existe también una lista de correos donde se intercambia información relativa a su funcionamiento. En el orden nacional se realizan reuniones periódicas entre los miembros para conocer iniciativas, así como para plantear consultas y dudas sobre el funcionamiento general de la cámara¹⁰.

Además, cada uno de los IXP tiene un coordinador técnico y un coordinador administrativo (o varios, en ocasiones principal y alterno). Entre ellos se reparten las tareas operativas y administrativas dentro del IXP, que pueden centrarse en mantener un relevamiento del estado del IXP, organizar y difundir reuniones y elaborar informes periódicos con el estado del IXP.

Para conectarse a un IXP de CABASE es necesario ser miembro de la Cámara, con un aporte de admisión y una cuota social mensual. Además, hay que abonar un aporte inicial por conexión al IXP y un aporte a un fondo de reserva y se prorratan los gastos de funcionamiento entre los integrantes del IXP, tal como se explica más adelante en el apartado *Membresía y precios*.

En algunos casos las inversiones en CDN han sido realizadas por las propias empresas titulares de esos contenidos para acercarlos a los usuarios y mejorar la experiencia de estos últimos a través de servicios de mejor calidad. Para ello han acudido a diversas formas jurídicas que han incluido la donación o el comodato de equipos¹¹.

Infraestructura y operación técnica. Cada miembro se conecta a un *switch* principal, pudiendo optar por puertos físicos de 100 Mb, 1 Gb, 10 Gb, 40 Gb y 100 Gb, con la posibilidad de agregar dos puertos (por ejemplo, dos puertos de 10 Gb).

Todos los miembros comparten una red lógica (dominio de *broadcast*) y establecen una única sesión BGP contra el *router* del IXP, quien es el responsable de entregar la tabla de ruteo completa de toda la red nacional, no solo la del IXP local. Este *router* es el único que mantiene sesiones BGP activas contra los servidores de Ruteo Central (RNC)¹².

⁹ <https://www.cabase.org.ar/la-camara/#institucional>

¹⁰ Nicolás Acosta, responsable técnico de Colsecor (cooperativa de pequeños y medianos proveedores con sede en la ciudad de Córdoba), entrevista personal.

¹¹ Ariel Graizer, entrevista personal.

¹² Nicolás Acosta, entrevista personal.

Es decir, en el RNC se aprende y se conforma la tabla de ruteo nacional, que luego se distribuye a cada *router* principal de los distintos IXP, que a su vez son los responsables de entregar la información de ruteo a cada miembro con conexión al IXP. Dentro del IXP se puede encontrar además conectada alguna CDN. Hay también posibilidad de hacer un *peering* privado entre dos miembros del IXP. Normalmente, el IXP se utiliza un *switch* Ethernet para interconexión de miembros.

Los IXP de mayor tamaño cuentan con una Guardia Técnica que atiende reclamos y consultas operativas de los miembros (en ocasiones éstas recaen directamente sobre el coordinador técnico).

Servicios. El IXP de CABASE de Buenos Aires ofrece sus servicios con acceso y prestados en forma continua (24/7), incluyendo *peering* privado, telefonía IP y *hub* de contenidos, pero a diferencia de otros IXP –como PIT Chile y CRIX Costa Rica– no cuenta con programa de reventa de ancho de banda, etiquetas multiprotocolo ni *jumbo frames* (posibilidad de transmisión de megapaquetes para redes Gb que aumentan las transferencias de datos hasta en un 100%)¹³.

Más allá de facilitar el intercambio del tráfico de internet y el acceso a contenidos, CABASE también ofrece a sus asociados:

- **Telefonía IP.** Punto de intercambio de telefonía IP lanzado en julio en 2018, en el marco del nuevo Reglamento de Interconexión aprobado por las autoridades reguladoras. Permite el intercambio mediante protocolo SIP de llamadas de telefonía entre todos sus asociados.
- **IoT (Internet de las Cosas).** Una de las iniciativas de CABASE ha sido la celebración anual del día de Internet de las Cosas (*IOT Day*) como lugar de encuentro de desarrolladores y prestadores de estos servicios. Recientemente, a partir de la Comisión de IoT de CABASE, se ha constituido la Cámara Argentina de IoT.
- **Hosting.** Alojamiento de dominios y servicios en la Argentina beneficia a los usuarios con una menor latencia y apoyo local. Según un estudio de CABASE el 54 % de los sitios argentinos están alojados fuera del país.
- **Hub de contenidos.** Una propuesta de IPTV para que los ISP complementen sus ofertas de telefonía e internet.
- **Enseñanza.** Cursos para capacitar recursos humanos en diversos aspectos del ecosistema de internet.

CABASE también participa de la iniciativa de *Blockchain Federal* para el desarrollo de una plataforma público-privada de validación de transacciones.

Finalmente, ya es un clásico el *CABASE Internet Index - Estado de Internet en Argentina y la Región*, que se da a conocer cada semestre, en el cual la Cámara

¹³ <https://ixpdb.euro-ix.net/en/ixpdb/ixp/143/>

ofrece un completo panorama sobre tráfico, velocidad, infraestructura y otras métricas sobre la red y las TIC en la Argentina y la región.

Membresía y precios. Como requisito para conectarse a un IXP es necesario en primer lugar que el interesado sea miembro de CABASE. Cada nuevo miembro abona una suma de admisión por única vez de 14.000 pesos argentinos y luego una cuota mensual de 8000 pesos argentinos (los socios del interior del país pagan 7000 pesos argentinos)¹⁴.

La conexión a un IXP requiere además un aporte inicial que varía entre 1000 y 3000 dólares según el IXP, más un aporte de 500 dólares a un fondo de reserva. Existe un descuento de un 20% por asociarse a más de un IXP sobre el aporte inicial. Por cada IXP adicional los descuentos se suman hasta llegar, a partir del quinto IXP, a un 80 % como máximo. Este descuento no se aplica a los *carriers*.

Adicionalmente, se paga un monto variable, según el prorrateo local de gastos del IXP, en función del uso que se hace en cada IXP de puertos que pueden ser de diversa capacidad y se valoran en lo que se llama “punto NAP”. Se cobra un mínimo de dos puntos NAP. Los acuerdos bilaterales, que antes no eran admitidos, pagan un sobreprecio de un punto NAP por cada parte.

A continuación, se aprecia la tabla de equivalencias de capacidad y puntos NAP:

Equivalencias Puntos NAP		
VARIABLE DE CÁLCULO	CAPACIDAD	PUNTOS NAP TOTALES
Puerto del Switch Central	Hasta 100 Mb	2 Puntos
	Hasta 200 Mb	3 Puntos
	Hasta 300 Mb	4 Puntos
	Hasta 400 Mb	5 Puntos
	Hasta 1 Gb	6 Puntos
	Hasta 2 Gb	9 Puntos
	Hasta 4 Gb	15 Puntos
	Hasta 6 Gb	20 Puntos
	Hasta 10 Gb	26 Puntos
	Hasta 20 Gb	39 Puntos
	Hasta 40 Gb	65 Puntos
	Hasta 80 Gb	93 Puntos
	Hasta 100 Gb	126 Puntos
Hasta 200 Gb	251 Puntos	
Espacio de Coubicación	Unidad de Rack	1 Punto
	Rack exclusivo	A consultar
Conexión Bilateral	Miembro a Miembro	1 Punto NAP a c/Miembro

Fuente: sitio web de CABASE

En todos los casos, los gastos de tráfico no se abonan a CABASE. Cada IXP negocia el valor del Mb de transporte con un *carrier* para cubrir la conexión entre el IXP secundario y el IXP de Buenos Aires (RNC) y cada ISP negocia lo

¹⁴ Debido al complejo régimen de control de cambios establecido en la Argentina, quien quiera tener una equivalencia en dólares de dichos importes deberá dividirlos (al 25.01.2021) por 86 (tasa de cambio oficial) o por 150 (valor del dólar al que se accede mediante arbitraje de bonos y acciones, conocido como *dólar bolsa* o contado con liquidación).

propio para el tramo ISP-IXP. En el primer caso el costo se prorratea en función del tráfico de cada ISP. Existe ya un ejemplo, el IXP de Río Cuarto, que se conecta al IXP de Buenos Aires a través de otros IXP, en este caso, el de IXP de la ciudad de Córdoba.

Es indispensable que cada operador conectado a un IXP de CABASE tenga asignado un ASN y un bloque de direcciones IP¹⁵.

De acuerdo a su sitio web institucional¹⁶, a enero de 2021 cuenta como asociados a 376 ISP, 24 *carriers*, 20 universidades (incluida la Asociación de Redes de Interconexión Universitaria, ARIU), 19 entes gubernamentales (entre ellos el organismo impositivo argentino, AFIP, cuyo sitio es uno de los más visitados) y 17 proveedores de contenido (Facebook, Google, Netflix, Prisma, NIC.ar, Turner, Microsoft, Cloudflare y Yahoo, entre otros)¹⁷.

Tráfico. Ariel Graizer estima a enero de 2021 que el tráfico intercambiado en los IXP de CABASE es de 1 Tb¹⁸. De acuerdo a la página web de CABASE, en los días posteriores al inicio del aislamiento dispuesto por el COVID-19 (marzo de 2020) el tráfico aumentó en un 35%, llegando en abril a 780 Gb. En poco más de 30 días se produjo el mismo incremento de tráfico que entre diciembre de 2018 y diciembre de 2019, cuando llegó en este último mes a 600 Gb¹⁹.

Según declaran las autoridades de CABASE, prácticamente un 80% del tráfico de los ISP se intercambia local o regionalmente en un IXP y cerca del 95% sin necesidad de salir del país. En su inmensa mayoría el tráfico intercambiado corresponde a los sitios de YouTube, Amazon, Facebook y Netflix. Estas cifras son corroboradas por Luis Delamer de Telefónica de Argentina, quien señala que el 94% del tráfico de la compañía no sale del país y coincide en los sitios identificados como generadores de mayor tráfico²⁰.

Al igual que en otros casos de IXP o grandes *carriers*, tanto en el IXP de Buenos Aires como en algunos del interior existen CDN de diversos proveedores de contenido. Su número y ubicación no es público por encontrarse muchos de ellos amparados por cláusulas de confidencialidad en los respectivos acuerdos comerciales.

¹⁵ También se ofrece la posibilidad de un punto de interconexión de telefonía IP y de contenidos, abonando un aporte inicial de 500 y 1000 dólares, respectivamente. En el caso de los contenidos hay un aporte mensual (bonificado en forma decreciente durante los primeros cuatro meses) en base a lo que se denomina *punto TV*.

¹⁶ <https://www.cabase.org.ar/los-socios/>

¹⁷ Una lista de los operadores interconectados a cada IXP puede encontrarse en la página web CABASE. Los 169 miembros del IXP de Buenos Aires pueden verse en <https://www.cabase.org.ar/nap-buenos-aires/>, mientras que los 10 miembros de –por ejemplo– el IXP de Sáenz Peña, uno de los más pequeños, está en <https://www.cabase.org.ar/ixp-saenz-pena/>.

¹⁸ Ariel Graizer, entrevista personal.

¹⁹ <https://www.cabase.org.ar/nuevo-atlas-red-nacional-de-ixp-cabase-2020/>

²⁰ Luis Delamer, director Mayorista, Estrategia y Regulación de Telefónica de Argentina SA, entrevista personal.

Un dato relevante es que el operador mayorista estatal ARSAT, que opera como *carrier* una red nacional con presencia en todo el país con fines de fomento, no es parte de CABASE. Consultando el sitio de la cámara se puede concluir también que la presencia de sitios de gobierno y educativos públicos es todavía baja.

Actualmente CABASE informa una capacidad de 2,2 Tb para dar servicio en las 500 ciudades más importantes del país a más de 21 millones de usuarios finales a través de sus asociados, mayormente ISP pymes y cooperativas.

Regulación y políticas públicas. Argentina contó con legislación de interconexión de operadores de telecomunicaciones desde épocas lejanas. Ya en 1935 un decreto dispuso la vinculación obligatoria de todas las empresas telefónicas (naciones como México o Brasil lo hicieron mucho después).

En Internet, sin embargo, el Estado argentino decidió mantenerse al margen. Esta actitud fue quizá motivada por el temprano establecimiento a partir de 1998 de los IXP logrados por acuerdos voluntarios, pero también al gran poder que los dos principales incumbentes tenían por entonces, quienes consideraban que la interconexión neutral y *peering* con operadores más pequeños beneficiaba a estos últimos en desmedro de aquellos.

La situación desembocó en un ambiente relativamente libre y desregulado que en los hechos terminó coincidiendo con lo que recomiendan muchos expertos: que la regulación de Internet, incluso en aspectos de interconexión, sea mínima y proporcional a los fines buscados.

Esto no significó que no hubiera momentos de conflicto álgido. Antes de la creación del primer IXP de CABASE las empresas debían pagar por la utilización de 1 Mb hacia Estados Unidos nada menos que 64.000 dólares (Telefónica y Telecom tuvieron un monopolio legal de conexiones internacionales hasta 2000 a través de su subsidiaria conjunta Telintar). Tras el establecimiento del IXP, CABASE concentraba más del 90% por ciento del tráfico nacional, por entonces alrededor de 800 Mb.

Para 2003-2004 Telecom y Telefónica comenzaron a tener problemas con su ancho de banda debido al tráfico que enviaban los operadores menores. Fue entonces que “los grandes” (principales *carriers* como Telecom, Telefónica, Impsat y Prima/Clarín) buscaron cobrar por ese tráfico que pasaba por sus redes. Como las empresas pertenecientes al IXP estaban obligadas a enviar su tráfico internacional exclusivamente a través de este punto de interconexión, la respuesta de CABASE fue pretender que “los grandes” le pagaran al IXP por el tráfico que circulara por allí. Telecom y Telefónica, al igual que Impsat y Prima/Clarín, no aceptaron esto y finalmente se retiraron. A partir de entonces desarrollaron sus propios enlaces internacionales.

CABASE terminó en ese momento manejando menos de la mitad del tráfico, pero logró agrupar a casi todos los actores pequeños y medianos.

Con el tiempo, el tráfico de los operadores que permanecieron en CABASE aumentó, las “grandes” habilitaron enlaces con mayor ancho de banda y se produjeron distintas consolidaciones en la industria de *carriers* e ISP. Finalmente, Fibertel/Cablevisión (Grupo Clarín) se sumó a los IXP de CABASE (pero no la red separada de Telecom Argentina, adquirida por el Grupo Clarín en 2016). Telefónica de Argentina –que cuenta con presencia en gran parte del país y que a través de su *carrier* Telxius tiene enlaces internacionales propios– es el único operador importante que hasta el día de hoy no participa.

Aunque el Reglamento General de Interconexión y Acceso (Resolución 286/18 del ex Ministerio de Modernización, cuya autoridad de aplicación es el regulador ENACOM²¹) menciona a los IXP, en la práctica mantiene la situación de libertad preexistente. El artículo 25 indica que los prestadores “*podrán establecer IXP para interconectar sus redes, mediante convenios de Interconexión, estableciendo libremente las condiciones aplicables, siempre que se respeten los principios del presente Reglamento*” (que se relacionan con condiciones de interoperabilidad y transparencia).

El artículo 2.32 de ese Reglamento define a un IXP como el “*conjunto de intercambio de elementos de red que permiten la interconexión y el intercambio entre tres o más prestadores*”, lo que de algún modo facilita la existencia de IXP multilaterales como los de CABASE. Esto, sin embargo, no altera el marco desregulado en que se desenvuelve la actividad, a la vez que la dota de un reconocimiento normativo.

Los *data centers* privados carecen de una regulación específica, aunque hay estándares de buenas prácticas, calidad y niveles de acceso fijados por la Oficina Nacional de Tecnologías de la Información (ONTI) para la administración pública nacional. La empresa estatal ARSAT opera un *data center* en la localidad de Benavídez, al norte de la ciudad de Buenos Aires (“Centro Nacional de Datos”), que presta servicios al propio sector público, pero también a privados, siendo el único del país con certificación Tier III por su diseño y construcción²².

Para ser prestador de servicios TIC existe una licencia que otorga la autoridad reguladora y que se concede a todo interesado que la solicite, sin exclusiones de ningún tipo, cumpliendo requisitos mínimos. Para Internet y servicios asociados esto se aplica tanto al tendido de cables (terrestres o submarinos) como al uso de frecuencias radioeléctricas, cuyos permisos o autorizaciones sin embargo deben ser obtenidas por cada operador a través del procedimiento correspondiente.

En cuanto a enlaces por vínculo físico están sujetos a las normativas de ocupación, uso y vías de paso de niveles nacionales, provinciales y locales, las que no siempre armonizan entre sí y a veces pueden trabar los despliegues. El uso de frecuencias está sometido según los casos a asignaciones a demanda (si

²¹ <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/310000-314999/310436/norma.htm>

²² <https://www.arsat.com.ar/centro-nacional-de-datos>

existe capacidad espectral), subastas (telefonía celular) o derechos de aterrizaje (servicios satelitales), que tienen distintos regímenes.

Los prestadores son libres de celebrar acuerdos con titulares de bienes del dominio privado (con algunas disposiciones generales sobre servidumbres). También se aprobaron recientemente normas que favorecen la compartición pasiva de infraestructura entre prestadores (Resolución 105/20 de la Secretaría de Innovación Pública, también aplicada por ENACOM²³), *“en condiciones objetivas, transparentes y no obligatorias, sin exclusividad o preferencia de hecho o de derecho”*. Esto está en línea con las recomendaciones de la OECD para lograr la disminución de costos iniciales de despliegue y promover la competencia.

Diversas normas dictadas entre 2016 y 2018 establecen que se pondrían a disposición de operadores TIC y de infraestructura pasiva los bienes del Estado nacional y de empresas estatales, a título oneroso, para que desplieguen su infraestructura, en condiciones no discriminatorias y sin exclusividades, con los mismos fines antes enunciados²⁴. En los hechos, el cumplimiento de esta medida se ha visto enfrentado a dificultades prácticas de distinto tipo.

En 2020, el Decreto de Necesidad y Urgencia (DNU) 690²⁵ del gobierno argentino declaró a Internet y las TIC en general un “servicio público” sujeto entre otras cosas a la fijación de tarifas y a controles administrativos, marcando un drástico giro en la política seguida hasta entonces, con alcances y efectos aún imprevisibles.

Evaluación de beneficios. Puede considerarse que los IXP fueron exitosos tomando como parámetros las ideas iniciales que los originaron: reducir costos y mejorar la calidad de los servicios. Así lo señala Nicolás Acosta (Colsecon): *“los IXP son beneficiosos, porque desde su lanzamiento en la región han permitido reducir el costo de conectividad y acceso a internet”*. Destaca Acosta que en la Argentina, los IXP de CABASE intercambian principalmente tráfico nacional/regional y de las CDN. *“Han contribuido a fortalecer la conectividad, fomentando el intercambio técnico-comercial entre sus miembros”*, opina.²⁶

Estudios realizados dan sustento a dicha afirmación. En efecto, Katz y otros señalan que los IXP en la Argentina habían reducido en un 64% el precio del transporte, de acuerdo con datos acumulados hasta 2013. Asimismo, señala dicho estudio que una reducción del 50% en los costos del transporte redundaría

²³ https://www.enacom.gob.ar/multimedia/normativas/2020/res105_20%20SIP.pdf

²⁴ Decreto 1060 de 20.12.2017, *Infraestructuras pasivas* (<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=304957>). Otros decretos importantes que inciden en el despliegue de infraestructura son los que llevan el número 798 y 1340 (2016) y 997 (2018) (y <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/315000-319999/316072/norma.htm>, respectivamente)

²⁵ <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/340000-344999/341372/norma.htm>

²⁶ Nicolás Acosta, entrevista personal.

en un precio un 15% más bajo al usuario final²⁷. Por su parte, Galperín en 2013 estimó esos ahorros en 12,3 millones de dólares anuales²⁸.

Cabe señalar de todas formas que es difícil estimar con precisión la magnitud del ahorro y que no existe disponible en forma pública toda la información necesaria para realizar cálculos precisos. También se observa que no siempre la reducción de costos se traslada directamente al consumidor, sino que permite ofrecer más ancho de banda al mismo precio (reducción indirecta del costo) o mejorar los márgenes de ganancia del ISP, permitiéndole expandir su red y mejorar los servicios.

Sin embargo, en algunos países donde la creación y el desarrollo de los IXP ha alcanzado su madurez, como en la Argentina, el argumento de la reducción de costos parece cobrar menos relevancia.

El responsable de un ISP de la Provincia de Santa Fe declaró que *“no me conviene conectarme a un IXP de CABASE. En el corredor de la Ruta 9 [principal carretera argentina que vincula Buenos Aires con importantes ciudades del interior] hay mucha competencia en el transporte y los precios son muy competitivos”*. Prosigue señalando que *“los carriers ofrecen precios muy convenientes con acceso a CDN y cachés. La presión competitiva hace que muchos ISP migren a este tipo de soluciones”*²⁹. Es importante señalar que esto también genera algunos conflictos de interés dentro de CABASE con los miembros *carriers*, que compiten con los IXP para captar a los ISP como clientes.

En otros casos las distancias y precios de los transportes regionales o locales, a los que hay que adicionar el transporte hasta un IXP, hacen que convenga contratar directamente con un *carrier* el servicio de Internet y no solo transporte.

Así por ejemplo, el propietario de un ISP que opera en la pequeña población de Realicó, en la Provincia de La Pampa, dice que *“llevar el tráfico desde Realicó a General Pico [ciudad importante de esa provincia] me cuesta 1,80 dólares por 1 Mb y por mes. Luego, el 60% de ese tráfico debe ir a Buenos Aires y me cuesta 2,80 dólares por Mb/mes, o sea un total de 3,48 dólares por Mb/mes (1,8 + 0,6 x 2,8). Si contrato directo un enlace Realicó-Buenos Aires me cuesta 2,80 dólares por Mb/mes. Es una cuestión de números”*.

Agrega que *“nunca hay un solo carrier por redundancia y seguridad y siempre se trata de contratar a dos aunque se suele privilegiar a uno”*. No ve mucho margen para que los IXP en Argentina sigan creciendo, ya que los costos de

²⁷ Katz y otros (2015), p. 24.

²⁸ Galperín (2013), p. 16.

²⁹ Marcelo Tulissi, propietario de Correa Radiovisión (TV paga, ISP), en la ciudad de Correa (Provincia de Santa Fe) y presidente de la Cámara Argentina de Cableoperadores PyMEs (CACPY), entrevista personal.

transporte siguen bajando, “pero en otros países de Latinoamérica sí se los necesita como es el caso de México y Colombia”³⁰.

La citada baja de los costos de transporte es confirmada por un directivo de Telefónica quien señala que en Buenos Aires, por volúmenes importantes, se puede conseguir transporte internacional IP a 1 dólar el Mb/mes y que el costo de los contenidos no es significativo como en otras épocas, pues todas las grandes plataformas con el 90 % o más del tráfico han instalado CDN para “acercar” sus servicios a los usuarios³¹.

El mismo ejecutivo ratifica que la decisión de la compañía de no participar de CABASE es comercial, pues debería contratar muchos puertos por su volumen de tráfico y perdería ingresos por venta de tránsito IP. A futuro imagina un escenario posible en el que las CDN de los contenidos más demandados puedan pretender su cobro por alojarlos más cerca del usuario, aprovechando una presión competitiva entre los ISP para ver quién le ofrece la mejor experiencia a su usuario final.

CHILE: UN IXP PRINCIPAL, OTRO MENOR E IXP BILATERALES

El IXP más importante del país es el PIT Chile, que se ha constituido como el principal punto de intercambio multilateral, con amplia participación de operadores. Posee un IXP en Santiago y otros en varias ciudades chilenas. Hay también un IXP más antiguo que reúne a operadores menores, fundado antes de que en 1999 la legislación tornara obligatoria la interconexión entre ISP y *carriers*. A la vez, existen varios IXP bilaterales entre ISP y *carriers*, generalmente establecidos antes de la creación de PIT Chile.

Establecimiento, entorno y evolución de los IXP. En 1997, cuando aún todos los contactos entre los ISP y muchos *carriers* chilenos se realizaban a través de enlaces con los Estados Unidos, se fundó el NAP Chile. Actuaba como un ámbito neutral para potenciar a pequeños operadores, de modo que pudieran realizar el intercambio mutuo de tráfico a bajo costo. A este IXP se incorporaron ISP menores como RdC, Netup, Macland, Netline y Cybercenter, que en ese momento se enfrentaban a la competencia de los ISP de los grandes prestadores de cable y telefonía (CTC, ENTEL y otros). Estos últimos, siendo los ISP dominantes, carecían de incentivos para incorporarse a acuerdos de intercambio de tráfico en el país, especialmente con los pequeños.

Al filo del nuevo siglo y asesorado por el NIC.CL, a cargo del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile, el regulador SUBTEL dispuso un procedimiento y plazo para aceptar conexiones entre ISP.

³⁰ Marcelo De Ambrosio, propietario de Velonet, prestador con base en General Pico que atiende el norte de la Provincia de la Pampa y presidente de la Cámara Argentina de Pequeños Proveedores de Internet (CAPPI), entrevista personal.

³¹ Luis Delamer, entrevista personal.

La norma pretendía crear las condiciones para el surgimiento de un IXP multilateral central, pero lo que hicieron la mayoría de los proveedores fue crear IXP bilaterales no neutros. Eso permitió que el tráfico nacional no abandonara el país, pero también dio lugar a conexiones indirectas entre algunos operadores y que por lo tanto pasaban por varias redes, sin lograrse todos los ahorros en enlaces o la reducción de latencias que podrían haberse conseguido con un punto central.

SUBTEL se limitó a reconocer esta situación. No obstante, fijó Indicadores de calidad de los enlaces de conexión para cursar el tráfico nacional de Internet y un sistema de publicidad de los mismos (ver más adelante, apartado *Regulación y políticas*). La situación permaneció así por más de una década y media.

A mediados de la década de 2010 el desarrollo del mercado de Internet — caracterizado en Chile por una fuerte competencia de ISP en la captación de usuarios y la existencia de numerosos *carriers* competitivos— permitió que los operadores vieran finalmente ventajoso establecer un IXP multilateral neutro y con participación de la mayoría de los operadores.

Así nació en mayo de 2016 el PIT Chile —la normativa chilena caracteriza a los IXP como “puntos de intercambio de tráfico” y usa legalmente la abreviatura PIT—, el cual en su propio sitio web se define como “*neutro, público, abierto, transparente, distribuido [presencia en varios data centers]*” y que opera en capa 2, ofreciendo “*peering multilateral en IPv4 e IPv6 con servidores redundantes*” y permitiendo a la vez el *peering* bilateral³².

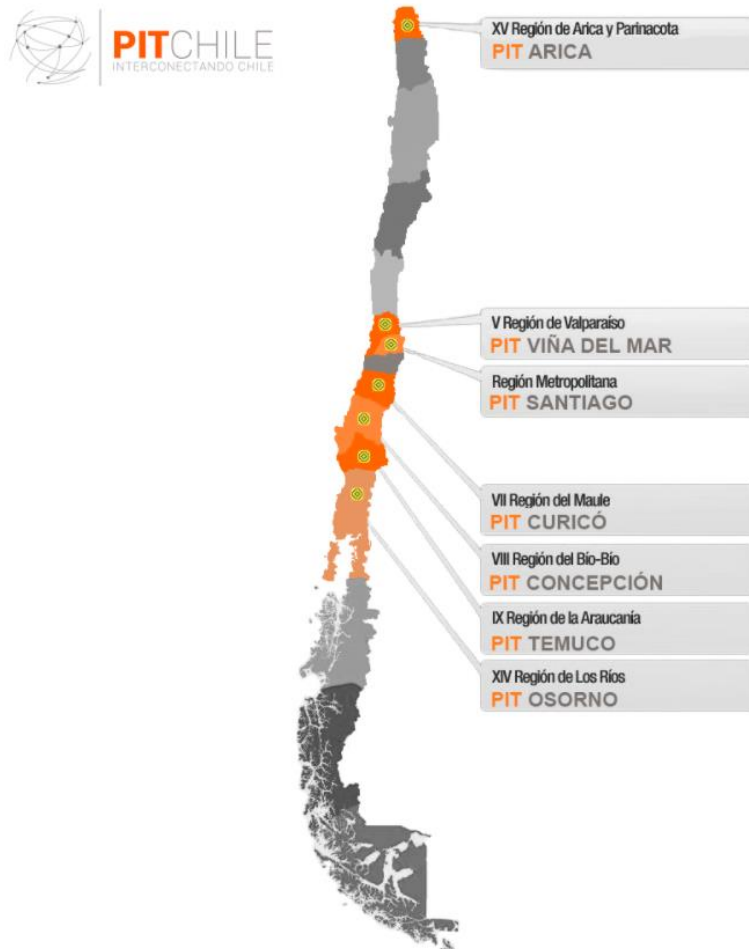
Los IXP bilaterales continuaron subsistiendo y muchos de ellos se han conectado a PIT Chile. Sin embargo, Iván Žilić Schmidt, director de Tecnología del citado punto, señala sus limitaciones: “*como en Chile todo ISP debe conectarse en un IXP por obligación legal, algunos de ellos, que no son IXP neutrales, no tienen CDN ni OTT por decisión comercial para vender tránsito*”³³.

Organización y financiamiento. PIT Chile está organizado como una *SpA* (sociedad por acciones, una forma sociedad anónima simplificada y flexible vigente en Chile y que no requiere de un directorio) integrada por los distintos operadores.

Además de su IXP central en Santiago (con tres PoP), posee seis IXP adicionales que cubren longitudinalmente la geografía del país en las siguientes ciudades: Arica, Viña de Mar, Curicó, Concepción, Temuco y Osorno, estos dos últimos habilitados en 2018 y 2019.

³² <https://www.pitchile.cl/wp/sobre-pit-chile/>

³³ Iván Žilić Schmidt, entrevista personal.



Distribución geográfica de los IXP de PIT Chile, 2020.
Fuente: PIT Chile

Se define como *“una comunidad activa donde participen los responsables de networking, interconexiones, routing, etc. y puedan intercambiar conocimiento y ayudarse mutuamente”* y proclama como objetivo general *“poner a un switch de distancia”* a los proveedores y consumidores de contenidos internet.

También menciona otras finalidades: *“promover y facilitar el peering bilateral entre las diferentes redes, especialmente los ISP y los proveedores de contenido”, “promover y facilitar el uso de IPv6”, “anunciar a nuestros miembros la mayor cantidad posible de rutas únicas (no anunciadas por otros PIT/ISP)”* y *“mantener la mayor cantidad posible de tráfico internet dentro del PIT”*. Como corolario *“busca el efecto secundario de lograr una reducción de costos”*. Estos objetivos se suman a los ya consabidos de reducir latencias y aumentar anchos de banda y redundancia.

En la definición de su estrategia, PIT Chile tiende a incorporar a la mayor cantidad de miembros, *“ya sean PIT, ISP, CDN u otras instituciones como universidades, órganos del estado, instituciones financieras, etc. que cumplan con los requisitos técnicos”*. Agrega que pretende ser el IXP *“con mayor cantidad de miembros en América”* y *“contar con el mayor volumen de tráfico”*

entre los PIT del mundo”³⁴. Según los datos que maneja Žilić, esta aspiración parece cerca de su concreción, ya que para 2020 era “el principal punto de intercambio de tráfico de internet de Chile y el segundo de América por su volumen de tráfico”³⁵. (El IXP más grande de América y el tercero del mundo en volumen de tráfico se encuentra en Sao Paulo, Brasil³⁶.)

Infraestructura y operación técnica. El IXP de Santiago cuenta con una infraestructura redundante con cinco PoP en *data centers*: el de Ufinet en El Bosque Sur en Las Condes, Santiago (Tier II); el de CenturyLink (Numen) (Tier 3) en el sector de Huechuraba, Santiago; en los dos de ENTEL, situados en Ciudad de los Valles, Santiago y en Melipilla (Tier III) y en el Lidice II de GTD, en Santiago Centro (Tier III). Este último fue inaugurado en octubre de 2020. Todos poseen salas independientes de acceso de fibra óptica.

PIT Chile es un IXP de capa 2 que permite establecer conexiones de *peering* tanto multilateral como bilateral. Los IXP en las ciudades del interior se encuentran interconectados entre sí.

Según señala un estudio regional de IXP, una particularidad de PIT Chile es que no tiene infraestructura de CDN en sus instalaciones, aunque sus integrantes cuentan con los correspondientes *cachés* dentro de sus redes. Las CDN están ubicadas en distintos *data centers*, pero se conectan a los distintos IXP³⁷.

NAP Chile, por su parte, está organizado como una sociedad anónima³⁸.

Membresía y precios. A principios de 2021 PIT Chile tiene unos 140 miembros, casi sin ninguna exclusión del ecosistema de Internet del país: actores grandes, medianos y pequeños. Los más relevantes se enumeran en la siguiente lista:

-Proveedores de servicios de contenido en la nube, generadores de contenidos (globales): Akamai, Amazon, Cloudflare, Facebook, Festly, Google (conexión directa en *data center* de Santiago vía cable submarino propio desde Estados Unidos, inaugurado en 2019), Google Global *Cache* (conectado en los IXP situados cerca de los puntos de aterrizaje de cables submarinos en Arica y Concepción -Talcahuano-), Microsoft, Huawei, Netskope, Oath (Verizon), Oracle, Riotgames (videojuegos), Trapemn (IPTV), Valve Corp., IFX (también *data center*).

-Proveedores de servicios de contenido en la nube, generadores de contenidos (nacionales): Grupo Z, Falabella (cadena de tiendas minoristas y operadora del canal de TV Megavisión), Televisión Nacional de Chile (pública).

-IXP bilaterales/particulares: PIT Claro, PIT ENTEL, PIT Movistar.

³⁴ <https://www.pitchile.cl/wp/estrategia/>

³⁵ Iván Žilić Schmidt (2020), “Internet no es magia” en *El Periodista*, Santiago, 21.02.2020 <https://www.elperiodista.cl/2020/10/internet-no-es-magia/>

³⁶ “Tráfico de internet aumentará en Brasil, pero la red es resiliente” en *BNAmericas.com*, Santiago, 19.03.2020.

³⁷ Echeverría (2020a), p. 18.

³⁸ Prince y Jolías (2015), p. 287.

- Otros IXP: Netnod (IXP de Suecia), PIT US (IXP de PIT Chile en Estados Unidos).
- Gobernanza y ONG de promoción de Internet: NIC.CL PCH (Packet Clearing House), RIPE (redes europeas).
- Universidades: REUNA (Red de Universidades Nacionales).
- Telefónicas/ISP locales: ENTEL (también *data center*), Movistar (también *data center*), Claro, GTD (también *carrier*).
- ISP y otros: CMET (Internet corporativo), Electrored (Internet rural), NX Chile, Mysticom, Virtualiza, X-Connect,
- Operadores de TV paga: VTR (también telefonía e ISP), Cablecolor, Full TV-
- Conectividad, *carriers*: AP Telecom, Sillica, Telxius, Internexa, Ufinet, Lumen, TI Sparkle, AT&T.
- Data Centers* (locales/regionales): Google (único *data center* de Alphabet, Inc. ubicado en América Latina, situado en Quilicura, Santiago), Sonda, Lumen (también *carrier*), Las Condes (Grupo CG), Anacondaweb,
- Operadores con actuación en el extranjero en países específicos: ANTEL (Uruguay), Tigo (Paraguay), ENTEL Perú, Tecnet (Wiber) (Mendoza, Argentina)

Sobre las condiciones de membresía, dice Žilić: *“El precio es igual para todos. Es muy transparente para los ISP. Por un puerto de 1 Gb se pagan 500 dólares al mes y hay también puertos de 10, 25, 40 y 100 Gb”*³⁹.

Los operadores que más capacidad tienen contratada son los siguientes (a enero de 2021):

- Cloudflare, Facebook, Streaming I, Amazon (solo peering bilateral): 200 Gb
- Akamai, Huawei Cloud R1, Huawei Cloud R2, Movistar EdgeUno, ANTEL: 100 Gb
- PIT ENTEL: 60 Gb
- Internexa, MyJ Internet, Silica Networks, Google, Valve Corp, Pacifico Cable, AP Telecom: 40 Gb
- PIT CenturyLink (Numen), PIT Arica, Grupo ZGH, Intercable, Pacifico Cable (2), TNA Solutions, WOM(1), WOM(2) Microsoft, Ufinet: 20 Gb
- Los restantes tienen entre 10 y 1 Gb

Los requisitos técnicos que PIT Chile requiere para la conexión son los siguientes: poseer un ASN válido, contar con al menos un bloque de direcciones IPv4 o IPv6 y utilizar BGP4 como protocolo de enrutamiento externo (los prefijos menores a /24 en IPv4 y menores a /48 en IPv6 serán filtrados y

³⁹ Iván Žilić Schmidt, entrevista personal.

descartados). También se exige mantener una tasa de ocupación promedio menor al 80% del puerto.

Se aceptará en los servidores de ruta de PIT Chile el anuncio de prefijos registrados en LACNIC o en organismos similares, pero se cursará exclusivamente el tráfico que se origine o termine en el prefijo anunciado. Asimismo, solo se podrá enviar tráfico hacia las redes anunciadas via BGP por cada uno de los miembros. No se permite la utilización de *default gateway* ni de rutas estáticas o de último recurso.

Para ser miembro de PIT Chile se debe contar con una conexión física a cualquiera de los cinco PoP situados en Santiago o bien a los IXP de las otras ciudades. No se aceptan sesiones BGP *Multihop*. Se requiere también que la empresa esté legalmente constituida, que sea “*un ISP, PIT/NAP/IX, CDN*” o esté vinculada a la actividad de Internet.

Servicios. PIT Chile ofrece los siguientes servicios, todos prestados y con acceso 24/7: programa de reventa, *peering* privado, etiquetas multiprotocolo y paquetes *jumbo*. Es uno de los pocos IXP de la región que en sus servidores de rutas BGP implementó el sistema de validación de origen RPKI. Esta modalidad, que usa claves de criptografía de autenticación, mejora la seguridad en el intercambio de rutas entre los miembros del IXP: al verificar que quien anuncia un prefijo de red tenga efectivamente derecho a hacerlo permite la defensa contra los ataques informáticos y *hackeos* que empresas y redes puedan recibir.

Cuenta con espejos de los siguientes servidores raíces: J (Verisign), D y E (PCH), B (University of Southern California) e I (Netnot).

PIT Chile tiene el reconocimiento de LACNIC y otras instituciones como ISC.org, PCH, PeeringDB o Verisign. Cuenta con *racks* que van desde 1 U hasta de 42 U y conectividad nacional con puertos de 1 Gb, 10 Gb, 25 Gb, 40 Gb y 100 Gb, siendo posible contratar múltiples puertos. La conectividad internacional se obtiene de una serie de enlaces redundantes múltiples de varios *carriers*: AP-Telecom, IFX, Internexa, Lumen, Silica Networks, Telxius y TI Sparkle.

Por su parte, el NAP Chile contaba para 2017 —última lista pública disponible— con los siguientes miembros (algunos con sus denominaciones originarias, pese a que ya entonces no existían como tales):

Adexus, Altavoz, CMET, CTC Mundo, CyberCenter, E-Money, Global-Net, GTD Internet. IFX Networks, IIA, Impsat, Intercity. Internexa, MCI-UUNET, NewPlanet, NETGlobalis, Orange, Terra Networks, Telefónica del Sur, Telefónica Internet Empresas, Telmex.

Tráfico. La normativa vigente en Chile establece que los IXP deben publicar en sus sitios web las estadísticas de tráfico, desglosadas en forma diaria, semanal, mensual y anual.

A principios de 2020, el tráfico agregado de todos los IXP de PIT Chile era de aproximadamente 900 Gb en promedio, con ráfagas máximas de 1,5 Tb. Echeberría estima que esto “*representa aproximadamente el 20% del tráfico*”

total” del país⁴⁰, pero Žilić calcula que en los momentos de máximo tráfico la tercera parte del tráfico nacional pasa por PIT Chile⁴¹.

La pandemia del COVID-19, como en el resto del mundo, incidió en aumentos notorios. El tráfico consolidado promedio de PIT Chile pasó desde los señalados 900 Gb a casi 1,3 Tb a fines de marzo de 2020, luego bajó levemente, llegó a 1,6 Tb en junio, volvió a bajar y se amesetó en los meses siguientes entre 1,3 y 1,4 Tb. A partir de octubre de 2020 comenzó a subir en forma constante hasta llegar a 2 Tb en diciembre y 2,1 Tb en enero. El promedio de enero de 2021 es de cerca de 2,05 Tb, con máximos de alrededor de 3,5 Tb⁴². Este incremento, que tuvo lugar ya avanzada la pandemia, puede atribuirse a la incorporación de nuevos participantes y quizás también a la situación político-social del país⁴³.

Regulación y políticas públicas. Chile es una nación que presenta la particularidad de haber normado desde temprano la interconexión entre operadores y prestadores de Internet. En 1999, la Resolución 1483⁴⁴ del regulador SUBTEL establecía como principio general que el tráfico nacional de Internet debía circular dentro del país.

Como fundamento de esa medida, se indicaba que *“debido al desarrollo del mercado [...] y al incremento de la oferta de contenidos nacionales en el país, se hace necesario [...] el uso eficiente de los recursos y que, a su vez, garantice a los usuarios la no discriminación en el acceso a dichos contenidos independientemente del proveedor de acceso a Internet y, a los proveedores de contenidos, la libertad de elegir a su proveedor de ‘hosting’, todo ello en un contexto de sana competencia”*.

La subsiguiente Resolución 698 (2000)⁴⁵ de SUBTEL estableció que *“se entenderá cumplida la obligación de conexión a nivel nacional entre [los] ISP [...] cuando un ISP esté conectado físicamente y con intercambio de rutas, al menos, a un PIT [IXP]”*. La sigla PIT corresponde a Puntos de Intercambio de Tráfico y representan el nombre con el cual la legislación chilena designa a los IXP.

Cada PIT (IXP) *“deberá aceptar todo el tráfico nacional de los distintos ISP sin restricciones de ninguna especie y permitir el intercambio de rutas entre todos*

⁴⁰ Echeberría (2020a), p.16.

⁴¹ Iván Žilić Schmidt, entrevista personal.

⁴² <https://www.pitchile.cl/wp/traficos-consolidados/>

⁴³ A fines de 2019 se desencadenó en Chile una serie de protestas sociales que se prolongaron por varios meses. El 25.10.2020 tuvo lugar un plebiscito para reformar la Constitución, que significó un aumento del activismo político-cívico y volvió a dar lugar a manifestaciones masivas. Puede especularse que el uso intenso de redes sociales y de sitios de noticias —en ambos casos con intercambios y acceso eminentemente locales— hayan jugado también un rol en el intenso incremento de tráfico que pasó por PIT Chile durante ese tiempo.

⁴⁴ https://www.subtel.gob.cl/images/stories/articles/subtel/asocfile/res_1483conexiones_entre_isp.pdf

⁴⁵ https://www.subtel.gob.cl/images/stories/articles/subtel/asocfile/res_698_trafico_internet.pdf

los ISPs conectados a diferentes PIT [IXP] [...] [las que deberán] ser establecidas de manera no discriminatoria respecto de otros PIT [IXP] y respecto de cada ISP que lo requiera”.

La normativa así resultante, por lo tanto, no obligaba a que todos los ISP o *carriers* se interconectaran en un punto multilateral neutro, sino que disponía que el tráfico nacional no abandonara el país. A ese fin, obligaba a los proveedores a aceptar la interconexión de otro que lo solicitara, de acuerdo con ciertos parámetros: condiciones no discriminatorias y transparentes.

Esto llevó a que los proveedores establecieran entre sí IXP exclusivamente bilaterales (que podrían caracterizarse mejor como NAP), operados por ellos mismos o por partes interesadas, con dos o más redes conectadas. Un IXP multilateral verdaderamente neutro que agrupara a la gran mayoría de proveedores tardó en aparecer, pero sin embargo esos NAP cumplieron un trabajo eficaz en su momento.

La Resolución 698 también disponía que los IXP debían publicar las estadísticas de tráfico en sus sitios web.

En 2010, el Congreso aprobó una ley en la que estableció oficialmente el principio de neutralidad de la red en Internet. A partir de esto se aprobaron varias resoluciones adicionales que fijaban las normas técnicas sobre cómo debían realizarse la medición de los indicadores de calidad y afinaban disposiciones anteriores (Resoluciones 3729, 6267 y 7268, todas de 2011), las cuales dieron lugar al documento de la SUBTEL *Requisitos técnicos y administrativos de un Punto de Intercambio de Tráfico de Internet (PIT)*⁴⁶.

En ese documento se estableció que los PIT (IXP) deben estar orientados a *“satisfacer el pleno intercambio de tráfico IP en el ámbito nacional de los diversos ISP”*. Tales IXP deben ser de acceso público y no discriminatorio respecto de otros IXP y respecto de cada ISP en particular. El ISP que lo requiera podrá conectarse a través del medio de transporte y *carrier* que estime conveniente, siempre de acuerdo con lo definido en las especificaciones técnicas de cada IXP.

Establecen los mencionados *Requisitos* que en el área metropolitana (alrededores de Santiago de Chile) deberá existir plena conexión entre los IXP, mientras el número de éstos sea inferior a cinco. En el caso de haber cinco o más IXP, se exigirá que cada uno de ellos esté conectado al menos a otros tres IXP a velocidades que satisfagan los requerimientos básicos de calidad de servicio. Para el caso de IXP localizados fuera de dicha región, sólo se exige la conexión con al menos un IXP del territorio nacional y dos IXP en su región, en el caso que estos existan, a la vez que se aplican las mismas normas generales.

Como principio de transparencia, se establece igualmente que cada IXP deberá habilitar un sitio web donde se consigne la información técnica de los enlaces

⁴⁶ https://www.subtel.gob.cl/images/stories/articles/subtel/asocfile/req_tec_trafico.pdf

de sus ISP clientes: ISP conectados, gráficos de utilización de ancho de banda, de tasas de pérdidas de paquetes y de latencia hacia sus ISP miembros. Esas mismas estadísticas deben suministrarse para cada una de sus troncales (los enlaces que lo conectan a los diferentes IXP). Por otra parte, el IXP deberá entregar nombres de contacto para sus administradores técnicos, números telefónicos y direcciones de correo electrónico, junto con un conjunto de especificaciones y condiciones técnicas para la conexión.

Otras disposiciones buscan garantizar la continuidad y regularidad del servicio, ya que disponen que los IXP deberán tener una administración técnica cuya operación y soporte técnico básico debe brindarse las 24 horas del día y los 365 días del año. Por soporte de nivel básico se entiende la posibilidad de administrar una emergencia respecto de condiciones elementales en la operación tales como energía, estado de los enlaces y servicios de ruteo.

Los IXP deben contar con salas de equipos acondicionadas de modo tal que garanticen la continuidad del servicio en forma permanente. Entre otras cosas deben contemplar alimentación de energía con un sistema de respaldo, condiciones de seguridad que resguarden la integridad física de los equipos y sistemas de climatización.

Las normas, pese a su minuciosidad en algunos aspectos, no prescriben qué tipo de organización o entidad deben ser los IXP y a ellos se aplican las regulaciones generales TIC vigentes en Chile (Ley 18168⁴⁷ y sus normas modificatorias y subordinadas), las cuales pueden considerarse como sumamente abiertas y transparentes y han dado lugar a uno de los mercados más competitivos de la región. Varias normas se aplican para el tendido de cables y otros elementos de infraestructura, incluyendo su compartición (que en Chile también comprende un régimen para que empresas TIC usen postes de empresas de energía).

Tampoco Chile cuenta con normas específicas para los *data centers*. Al igual que en la Argentina, el sector público tiene sus propias disposiciones sobre aspectos administrativos, infraestructurales y de certificación que se aplican cuando el Estado contrate (o lleve adelante) servicios de centros de datos.

Evaluación de beneficios. El costo monetario por ahorro de tráfico a escala nacional que hacen posible los IXP siempre es difícil de medir. Sin embargo, hay un testimonio muy revelador de un ISP particular chileno. En un encuentro realizado por PIT Chile en 2018, una presentación realizada por el ISP Netline –especializado en Internet corporativo–, señala que desde el mismo día en que esa compañía se conectó a PIT Chile, el 26.04.2018, el tráfico que iba por enlaces al exterior disminuyó de 500 Mb a 300 Mb, lo que en este último caso representó un ahorro de tráfico de 200 Mb (40%) y de 7000 a 4200 dólares en pago de conexiones internacionales. A su vez, la latencia bajó de 150 ms a 1 ms⁴⁸.

⁴⁷ <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=29591>

⁴⁸ Netline (2018), “Presentación Netline (.pps)” en 2do evento PIT Chile, *Descentralizando Internet*, 15.03.2018 : Concepción, Chile. Disponible en https://www.pitchile.cl/PPTs/Conce2018/02_Netline/Netline_PITCHILE_R02.ppsx.

Al mismo tiempo, como se apunta en el caso argentino, también es cierto que los costos internacionales de enlace vienen bajando en forma ostensible. Un informe de una consultora encargado por SUBTEL en 2017 estima que el costo del Mb entre Santiago y Miami ya había descendido a los 1,5 dólares para compras de capacidades iguales o mayores de 10 Gb (a 20 años).

El costo, indica el documento, *“se puede hacer más eficiente, evitando enviar todo el tráfico internacional hacia el extranjero”*, lo que se obtiene a través de una CDN que traiga el contenido internacional al país, como asimismo a través de conexiones *peering* con los principales proveedores de contenido como Akamai y Google. *“Se estima que aproximadamente el 50% del total del tráfico de internet que sale del país, a lo menos, puede ser contenido localmente, con el ahorro que ello implica”*, concluye⁴⁹.

COSTA RICA: VARIOS IXP CON DISTINTAS FUNCIONES

Existen dos IXP de servicio interno en el país. Indudablemente, el más importante es el CRIX.CR, tanto por su infraestructura como por el número de participantes, su respaldo institucional y su verdadera condición de neutralidad. Hay un IXP más pequeño y con pocos participantes, Infocom. Asimismo, un punto de intercambio de reciente creación, Navégalo IXP, se presenta como especializado en interconexión regional centroamericana.

Establecimiento, entorno y evolución de los IXP. A fines de 2013 la Presidencia, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones y el regulador SUTEL comenzaron a interesarse por el establecimiento de un IXP y se contactaron con la Packet Clearing House y con el NIC.BR.

Hasta el momento, el país carecía de un IXP y el tráfico local se enrutaba por enlaces internacionales vía Miami, provistos por los cables submarinos que llegan al país. Incluso el tráfico entre países de Centroamérica se intercambiaba también a través de los Estados Unidos, ya que las vinculaciones se regionales basaban en redes de microondas y tramos de fibra no completamente integrados, los que por sus características no ofrecían las capacidades necesarias.

Seguidamente se iniciaron conversaciones con proveedores de contenido como Google o Akamai. PCH asesoró al NIC.CR en la negociación con las CDN para obtener términos equitativos (costeo del hospedaje y alimentación de los equipos, puertos del IXP y el tránsito IP necesario para llenar las *cachés*). También se conversó con los ISP locales y otros actores de infraestructura.

⁴⁹ Regulación & Mercados, Grupo Consultor (2017). *Diseño técnico de la troncal nacional de infraestructura de Telecomunicaciones (TNIT) de fibra óptica requerido para las necesidades de la industria 4.0 - Informe Final*, Santiago: R&M-GC. Disponible en https://www.subtel.gob.cl/wp-content/uploads/2017/10/informe_final_TNIT.pdf

El Punto Neutro de Intercambio de Tráfico de Costa Rica (CRIX.CR) fue inaugurado en abril de 2014. Pese al rol activo del gobierno en promover esta iniciativa, la empresa estatal ICE (Instituto Costarricense de Electricidad, operador histórico incumbente y que continúa siendo el principal actor TIC del país⁵⁰) por varios años rechazó incorporarse.

En 2019 se fundó IXP-Infocom con el objetivo de que el país tuviera un segundo IXP. Según sus responsables, se buscó un modelo de alta disponibilidad, que cumpliera con especificaciones técnicas de acreditación global (que permiten certificar el nivel de servicios de los operadores interconectados) y favorecer el tráfico local.

Un tercer IXP presta servicios regionales a Centroamérica, si bien está también localizado en Costa Rica. Inaugurado a principios de 2020 es propiedad de la compañía costarricense Navégalo (Navégalo IXP) y se presenta como *“el primer y único IXP para la región con infraestructura y presencia en todos los países de Centroamérica”*, en palabras de Tyson Ennis, CEO de la empresa⁵¹. Posee una red de conexiones directas por fibra óptica terrestre y marítima en el istmo centroamericano y en partes de México, Colombia y Ecuador.

Quedaría por mencionar a la Red Centroamericana de Fibras Ópticas SA (REDCA), empresa constituida por las principales compañías eléctricas de los distintos países (agrupadas en la entidad supranacional SIEDCA) y que logró instalar una fibra óptica continuada desde Guatemala a Panamá hace unos años, con conexiones extrarregionales propias en cables submarinos a partir de Costa Rica. Esta red resolvió en principio la interconexión terrestre de fibra entre las naciones centroamericanas, pero permanece subutilizada y con pocos clientes (las propias compañías eléctricas y otros; no está conectada al CRIX).

Organización y financiamiento. Localizado en la capital, San José, CRIX es operado como entidad sin fines de lucro por el NIC.CR, el organismo que administra Internet en el país y que está a cargo de la Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica -ANCCR-, organización autónoma pública que nuclea a representantes del ámbito científico tecnológico y que garantiza un entorno neutral.

Desde hace tres décadas el NIC.CR administra casi 20 mil nombres de dominio .cr y sus subcategorías (como co.cr y go.cr, entre otros), los que permiten la

⁵⁰ El ICE fue creado en 1949 y se hizo cargo de la generación, transmisión y distribución de la electricidad. En 1964 pasó a operar la mayoría de la red telefónica (fija) del país. Al mismo tiempo adquirió la mitad de RACSA, la compañía que suministraba los enlaces internacionales de télex y telefonía por circuitos de radio HF (onda corta). TRT Telecommunications (United Fruit) era titular del 50% restante. En 1975 RACSA fue adquirida en su totalidad por el ICE, lo que consagró un duopolio estatal que tuvo parciales aperturas con la TV paga y telefonía celular. Sin embargo, el ICE, o en ciertos casos RACSA, continuaron siendo actores dominantes en casi todos los segmentos, aun después de la liberalización total del sector en 2009, cuando al mismo tiempo se suprimieron las prerrogativas de las que gozaban estas compañías y se preparó para la competencia. Pese a que desde los años 70 ICE y RACSA eran no sólo empresas estatales, sino que la última era subsidiaria de la primera, mantuvieron una autonomía que las llevó por momentos a rivalidades y a que sus servicios no estuvieran bien delimitados, a veces ofreciendo prestaciones superpuestas (satélite, Internet). En 2015, luego de varios años de pasar por dificultades económicas, RACSA fue reorientada a ofrecer servicios para el sector público.

⁵¹ <https://www.larepublica.net/noticia/ixp-regional-como-mejoramos-el-internet-de-centroamerica>

protección de las marcas, la identificación de los sitios web del país y la implementación de mecanismos de autenticación para mayor seguridad.

NIC.CR llevó adelante las inversiones iniciales para establecer y operar el IXP. Se encargó de obtener los equipos (algunos donados por PCH, ISOC y Cisco Systems) y ofreció mantenimiento técnico y llevar adelante la administración. También puso a disposición su propio *data center*, conectándolo a CRIX. Luego, CRIX se incorporó a organizaciones internacionales como LAC-IX y EURO-IX.

Durante su primer año de funcionamiento (2014-2015), los costos de operación de CRIX fueron sufragados por el NIC.CR (cuyo presupuesto general proviene del Estado a partir de las asignaciones para la ANCCR). Esta política fue adoptada como medida de promoción para que nuevos operadores se incorporaran al IXP, los que no abonarían por las conexiones durante ese primer año. Luego, los participantes pagarán según la velocidad de los puertos de conexión que utilicen.

Por su parte, IXP-Infocom es operado por la Cámara de Infocomunicación y Tecnología (Infocom), constituida en el año 2003 como una organización sin fines de lucro que agrupa numerosas empresas privadas y públicas del sector TIC. Sin embargo, pocas de ellas están conectadas a este IXP, que tiene escasos participantes.

En cuanto a Navégalo, tiene casi dos décadas de actuación, pero era conocido anteriormente como Grupo GMS. Opera como empresa comercial y deriva sus utilidades de distintos productos y servicios, incluyendo el IXP recientemente fundado, que se financia con las ganancias derivadas de las conexiones, aunque los acuerdos entre los operadores conectados no dejan de ser de intercambio *peering*. El IXP tiene PoP en todos los países centroamericanos.

Navégalo unificó los servicios de Boomerang Wireless, (ISP y transporte de datos; Rack Lodge (Data Centers); Othos Telecomunicaciones (voz sobre IP) y Block DDoS (ciberseguridad).

Infraestructura y operación técnica. CRIX se inició con un único *switch* con puertos de cobre a 100 Mb en un solo punto de presencia en el Barrio Francisco Peralta, San José, pero la creciente demanda lo impulsó a ampliar sus capacidades.

A mediados de 2019, CRIX abrió un segundo PoP en el *data center* de la empresa Codisa, también situado en San José (Oficentro Tecnológico San José, Tibás, Llorente), al que está conectado por un anillo de fibra óptica, garantizando alta capacidad de crecimiento, tolerancia a fallos y alternativas de conexión. Esto le permite a CRIX contar a principios de 2021 con un total de ocho *switches* con puertos de 100 Gb en dos PoP. El *data center* de Codisa es Tier III y gracias a los favorables términos negociados, cerca de 10 nuevos operadores se conectaron a CRIX en los meses subsiguientes.

En cuanto a CDN, CRIX comenzó con servidores de Google y Akamai, pero luego incorporó los de Cloudflare, Facebook, Netflix y Verisign. Todos ellos alojan al contenido más visitado mundialmente y de este modo incrementan la cantidad de tráfico que así evita salir de Costa Rica.

Casi todos los participantes se conectan con puertos de 1 Gb, con las siguientes excepciones: PCH (2 Gb), ANCCR (10 Gb), Akamai (10 Gb), Google (10 Gb), Netflix (10 Gb), Luminet (10 Gb) y Facebook (20 Gb). Como se aprecia, buena parte de los usuarios de los puertos de mayor capacidad de datos son los CDN, que redistribuyen localmente el contenido de los servidores originales de generadores de contenidos de actuación mundial —muchos situados en los Estados Unidos— y guardan en *caché* los archivos que no necesitan actualización permanente.

CRIX fue uno de los primeros en el mundo en adoptar la norma de validación de origen (RPKI), que también usa PIT Chile. Con esta validación, el tráfico local se fortalece y se evita el llamado “secuestro de rutas”, así como la interceptación de información sensible (claves, cuentas bancarias) y ataques externos de denegación de servicio (DDoS)⁵². Esto le ha valido a Costa Rica altas calificaciones internacionales en cuanto a ciberseguridad.

Por su parte, el IXP Infocom está localizado en el centro de datos de Cyberfuel, situado en San José (Santa Ana, Parque Empresarial Forum 1). El centro cuenta con la certificación ANSI/TIA y garantiza un nivel de disponibilidad del 99,98% en infraestructura, con equipos redundantes. Se cuenta, además, con capacidad para dos enlaces a equipos distintos, con conexiones de 1 o 10 Gb⁵³.

Membresía y precios. Tras la creación del CRIX en 2014, a partir de un acuerdo de cooperación entre Claro, Tigo y la ANCCR, se sumaron otros operadores y proveedores. Para agosto de 2015 los miembros iniciales subieron a 18, que representaban cerca de la mitad de los suscriptores de Internet fijo del país. El Grupo ICE (que usa la marca Kölbi para ofrecer sus servicios) anunció que no se incorporaría al IXP, señalando que posee sus propias conexiones internacionales y que no obtendría ningún beneficio en términos de tráfico o económicos.

La directora de la División Innovación y Estrategia del grupo estatal, Francia Picado, rechazó entonces toda participación en el IXP. Sostuvo entonces que, de hacerlo, sus competidores se beneficiarían a bajo costo a expensas de ICE y que, en cambio, esos competidores nucleados en el IXP *“tienen una baja o inexistente inversión que contrasta con la realizada por ICE”*. A esto, la directora del NIC Costa Rica, Rosalía Morales, respondió que la inversión en enlaces internacionales será siempre mayor que mantener una conexión al IXP⁵⁴.

Tras el desencadenamiento de la pandemia del COVID-19, en marzo de 2020, ICE anunció que se incorporaría al CRIX “como un aporte a la emergencia” y para garantizar que el país cuente con las necesarias conexiones y ancho de banda. Debido al incremento del teletrabajo, el entretenimiento *online* y la

⁵² NIC.CR (14 de mayo de 2015). “Costa Rica Among the First in the World to Implement Origin Validation at Internet Exchange Points (IXP)”. Disponible en <https://www.nic.cr/en/article/costa-rica-among-first-world-implement-origin-validation-internet-exchange-points-ixp>

⁵³ “¿Qué están haciendo los puntos de intercambio de Internet en Costa Rica para agilizar el tráfico local?”, *El Financiero*, San José, 13.10.2020.

⁵⁴ *La Nación*, San José, 11.08.2015.

educación a distancia, el tráfico aumentó en todo el mundo en proporciones que van del 20 al 40%.

Morales dio la bienvenida a la iniciativa: “*que el ICE haya tomado esta decisión no pudo ser en mejor momento, cuando nuestra economía depende de estas conexiones de Internet. [De esta forma] apoya esta visión de que actualmente dependemos de nuestra infraestructura de Internet*”⁵⁵. Sergio Tenorio Vargas, gerente IT de NIC.CR, señala que “*CRIX creció mucho durante la pandemia por la incorporación de ICE, empresa incumbente. Se sumó por la crisis, pero creemos que continuará*”⁵⁶.

Para enero de 2021, los miembros de CRIX llegan a 39, lo que representa a la gran mayoría de los *stakeholders* de Internet en el país:

-Proveedores de servicios de contenido en la nube, generadores de contenidos (globales): Akamai, Cloudflare, Facebook, Google, Netflix, Verisign.

-Gobernanza y ONG de promoción de Internet: ICANN, LACTLD, NIC.CR, PCH (Packet Clearing House, incluyendo Woodynet)

-Conectividad, *carriers*: Ufinet (Tier 2, regional, base en Panamá, capitales españoles), GoldData (Estados Unidos y regional), Neutrona/Transtelco (*carrier* mexicano-estadounidense), R&H Telecom (Vocex) (también telefonía IP).

-*Data Centers* (locales/regionales): ADN, Codisa, Critical Colocation, Cyberfuel, Rack Lodge, Rack Nation, Tier4 Services.

-ISP: American Data (Internet corporativo), Boomerang (Internet corporativo inalámbrico), Cable & Wireless (Liberty), Cabletica (Liberty) (también TV cable), Cooperativa Alfaro Ruiz, Cooperativa Guanacaste, Cooperativa Santos, ICE (también proveedor de electricidad, *carrier*, telefonía fija y TV cable), Fibernet, Inasol (internet corporativo), Luminet (Internet corporativo), Metrocom (Internet corporativo) Telecable (también TV cable y telefonía fija IP), Worldcom de Costa Rica (Internet corporativo), Fibernet.

-Telefónicas/ISP: Claro, Tigo, Movistar.

-Soluciones TIC, Enlaces inalámbricos: Fractec, GCI.

Cualquier operador de Internet en el país puede unirse a CRIX bajo el modelo *peering*. Como es usual, se requiere que tenga un ASN y que celebren acuerdos de interconexión con otros participantes que pueden ser multilaterales (a través de un servidor de ruteo) o bilaterales directos.

Asimismo, deberán implementar el protocolo de enrutamiento exterior BGP v4 y limitar el tráfico *broadcast* exclusivamente a la resolución Address Resolution Protocol (ARP). El CRIX no permite que los participantes apunten hacia la ruta por defecto o utilizar otros recursos sin la debida autorización.

⁵⁵ *La Nación*, San José, 30.03.2020.

⁵⁶ Sergio Tenorio Vargas, entrevista personal.

Los precios de interconexión son de 200 dólares para 1 Gb, 700 dólares para 10 GB y 3750 dólares para 100 Gb⁵⁷.

En el caso de IXP-Infocom y pese a ser operado por una cámara que reúne a una buena cantidad de los operadores y actores TIC (privados y estatales), la mayoría no están conectados a ese punto, pese a que los precios de incorporación son al costo para los afiliados de la cámara. Los requisitos para participar son los siguientes: ser parte de los miembros activos de Infocom, contar con un ASN propio, realizar una interconexión física propia o por medio de un proveedor desde su infraestructura al IXP y completar el documento técnico y el acuerdo de participación en el IXP⁵⁸.

“Nuestro enfoque está en que se sumen más participantes para agregar servicios de valor”, explicó su presidenta Vanessa Castro⁵⁹, pero lo cierto es que hasta principios de 2021 sólo están conectadas seis firmas: Cabletica, Tigo –ambos importantes ISP–, Ufinet, Cyberfuel, Navégalo (indicado como Grupo GMS) y Jasec⁶⁰. Con excepción del último prestador, los restantes están adheridos también a CRIX.

Por otra parte, a enero de 2021 están conectados a Navégalo IXP las redes internacionales de Tigo, Lumen, Cable & Wireless (Liberty), ICE, así como el propio CRIX. (Navégalo IXP está conectado por sus propios medios a IXP en Estados Unidos y Europa.)⁶¹

Servicios. CRIX ofrece los siguientes servicios, todos con acceso y prestados en forma continua (24/7): programa de reventa de ancho de banda, *peering* privado, etiquetas multiprotocolo y *jumbo frames*.

Tráfico. Antes de la creación de CRIX, el tráfico intercambiado entre los operadores en territorio costarricense se elevaba apenas a unos 150 Mb. En 2017, las ráfagas máximas comenzaron a sobrepasar el 1 Gb. Para enero de 2020, el tráfico entre los operadores era de 10 Gb y en enero de 2021 oscilaba alrededor de los 30 Gb⁶² (tráfico entrante máximo en los días de mayor volumen, el saliente es algo menor). El salto entre 2020 y 2021 se debe indudablemente al efecto combinado de la pandemia de COVID-19 y a la incorporación de ICE.

⁵⁷<https://ixpdb.euro-ix.net/en/ixpdb/ixp/541/>.

⁵⁸ <http://www.infocom.cr/ixp/>.

⁵⁹ *El Financiero*, San José, 13.10.2020, *op. cit.*

⁶⁰ http://www.infocom.cr/ixp/#!/que_es

⁶¹ <https://www.navegalo.com/red/>

⁶² La cifra de enero de 2021 figura en las estadísticas de CRIX consultadas a lo largo de distintos días de enero. Las otras cifras provienen de Hernández, Gaël (2020), “La infraestructura de Internet en Costa Rica sale fortalecida con la crisis del COVID-19”, LinkedIn, 19.04.2020. Disponible en <https://www.linkedin.com/pulse/la-infraestructura-de-internet-en-costa-rica-sale-con-gaël-hernández/>. Si se toman los promedios mensuales de tráfico entrante (no los máximos) el incremento de tráfico entre el 31.01.2021 y el 03.11.2021 va de 5.6 Gb a 11.3 Gb, de acuerdo a <https://ixpdb.euro-ix.net/en/ixpdb/ixp/541/traffic/?period=year>

La Cámara de Infocomunicación y Tecnología de Costa Rica (Infocom) informó que la transferencia de datos entre el 06.03.2020 y el 13.03.2020 creció un promedio de 26,3%⁶³. El 30.03.2020, en lo que se anunció como una contribución a la emergencia, el ICE tomó la decisión de conectarse y en apenas 10 días el tráfico interno intercambiado directamente entre ISP nacionales pasó de 10 Gb a los 25 Gb. Este crecimiento produjo un efecto potenciador y varios miembros del CRIX están aumentando las capacidades de sus puertos de 1 Gb a 10 Gb⁶⁴.

El IXP Infocom tiene estadísticas de tráfico diario que llegaban en los días de enero de 2021 a unos 280-300 Mb promedio⁶⁵, mucho menor que el tráfico que pasa por CRIX.



Principales rutas de fibra óptica en Costa Rica

Fuente: Navégalo IXP

Regulación y políticas públicas. Costa Rica no cuenta con una regulación específica aplicable para los IXP, más allá del Decreto 38388-MICITT (2014)⁶⁶, que declara de “*interés público el punto de intercambio de tráfico de Internet de la Academia de Ciencias*”, es decir, el CRIX. Tampoco hay normas sobre *data centers*.

No obstante, la Ley General de Telecomunicaciones 8642 (2008)⁶⁷, que entre otras cosas dispuso la liberalización del sector, así como el Reglamento de

⁶³ *La Nación*, San José, 18.03.2020.

⁶⁴ Hernández, Gaël (2020), *op. cit.*

⁶⁵ <http://www.infocom.cr/ixp/#!/miembros>.

⁶⁶ http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=77230&nValor3=96685&strTipM=TC

⁶⁷ https://www.micit.go.cr/sites/default/files/ley_general_de_telecomunicaciones_0_0.pdf

Acceso e Interconexión de Redes de Telecomunicaciones dictado en consecuencia, disponen que los *“operadores o proveedores”* tendrán *“el derecho y cuando así lo soliciten otras empresas [...] la obligación de negociar el acceso y la interconexión”*.

La Ley estipula que el regulador SUTEL asegurará que la interconexión sea provista de manera *“oportuna”* y en condiciones *“no discriminatorias, razonables, transparentes y proporcionadas al uso pretendido”*. No implicarán *“más que lo necesario para la buena operación del servicio previsto”*.

De todas formas, la inexistencia de regulaciones no fue contradictoria con que el gobierno y SUTEL desarrollaran un activo rol político para promover el primer IXP costarricense (CRIX.CR), en estrecha cooperación con la ANCCR, titular también del NIC.CR. Al inaugurarse el CRIX, la propia presidenta de Costa Rica, Laura Chinchilla, dio una conferencia de prensa –un evento inusual para estos casos– demostrativa del papel que habían asumido las autoridades.

Dijo en esa ocasión la mandataria: *“Estamos esperanzados de que con este anuncio de la instalación se pueda economizar el tráfico internacional en cerca de un 35% y esto además garantiza una mayor la velocidad que están demandando muchos usuarios”*.

El decreto 38388-MICITT reconocía que los IXP *“son elementos vitales de la infraestructura de Internet, que permiten que las redes intercambien tráfico entre sí y que los proveedores de servicios de Internet puedan conectarse en un mismo punto, generando beneficios técnicos y económicos para el sector de telecomunicaciones y sus usuarios”*.

También expresaba que sus beneficios incluyen *“mantener el tráfico local dentro de las fronteras del país, con lo que proveedores y usuarios ahorran en el pago de sus costos y servicios, aumenta el ancho de banda disponible y mejora el funcionamiento y la calidad de Internet en el país”*.

El decreto no estipulaba ninguna obligación hacia los ISP otros actores para que se integren al IXP pero instaba *“a las entidades públicas y privadas, que integran el sector telecomunicaciones y del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, a contribuir con el aporte de recursos económicos, logísticos y técnicos para el desarrollo y administración de este punto de intercambio de tráfico; así como a los operadores y proveedores de Internet, servicios y contenido que se integren a este servicio”*.

Pese a tratarse de una iniciativa movilizada desde el Estado, ICE fue el operador más reticente a conectarse al CRIX. El caso evidenciaba el poder y la autonomía que ese ente público había adquirido con respecto a las autoridades políticas, pero resulta menos sorprendente si se recuerda la tendencia de muchos operadores líderes de no formar parte de los IXP: en 2019 ICE tenía una cuota

de mercado de telefonía móvil de 51,2% y de Internet fijo de 33,5% (en este último caso mayor que cualquier otro operador), de acuerdo a SUTEL⁶⁸.

Pero ese crecimiento de tráfico debido a la pandemia del COVID-19 fue detonante para que cambiara la situación. A fines de marzo de 2020 ICE se conectaba a CRIX Costa Rica.

Las regulaciones sobre tendido de cables y uso de frecuencias para servicios abiertos al público están en la citada Ley General de Telecomunicaciones 8642. En el primer caso requieren de una autorización que será otorgada previa publicación de la solicitud dentro de los dos meses, pero que podrá denegarse si *“no se ajusta a los objetivos [...] [del] Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones”*.

El uso de frecuencias —siempre hablando de las redes públicas e incluyendo la telefonía celular— se rige por el procedimiento de concurso público. Las concesiones adjudicadas en consecuencia *“habilitará[n] a su titular para la prestación de todo tipo de servicio de telecomunicaciones disponibles al público”*.

Los cables submarinos están sujetos a un régimen especial, la Ley 7832 (1998, reformada en 2008)⁶⁹. El “desarrollador” del cable queda obligado a obtener autorización de la SUTEL *“o, en su defecto, suscribir un contrato con cualquier operador de redes o proveedor de servicios de telecomunicaciones autorizado legalmente para operar en el territorio nacional”*. La autorización para los cables dura 25 años, tras los cuales *“el Estado adquiere la propiedad”* sobre los mismos en el territorio nacional y el mar jurisdiccional. Se resolverá entonces *“determinar si continúa explotándolos, los vende o los suprime”*.

El Reglamento sobre el Uso Compartido de Infraestructura para el Soporte de Redes Públicas de Telecomunicaciones⁷⁰ fue aprobado después de varias objeciones de la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos, que sostenía que se extralimitaba en discrecionalidad y seguridad regulatoria. (La ARESP tiene atribuciones sobre todos los servicios públicos, incluyendo la electricidad, pero las TIC son reguladas por su organismo desconcentrado dependiente, la SUTEL). Dado que el ICE opera también una extensa infraestructura de postes y ductos eléctricos, esa regulación le concierne por partida doble.

Evaluación de beneficios. No ha podido encontrarse ningún estudio sistemático sobre ahorros económicos y de tráfico generados por la existencia de IXP en Costa Rica.

⁶⁸ SUTEL (2019). *Estadística del Sector de las Telecomunicaciones*. San José: SUTEL. Disponible en https://www.sutel.go.cr/sites/default/files/informe_estadisticas_sector_de_la_telecomunicaciones_2019_2019.pdf

⁶⁹ http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=41735&nValor3=91175&strTipM=TC

⁷⁰ Resolución RJD-222 2017 del 31.10.2017, disponible en http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=85283&nValor3=110234&strTipM=TC

Con respecto a la proporción del tráfico total de Costa Rica que se intercambió en CRIX, Sergio Tenorio Vargas dice que *“es difícil estimar el ahorro”* de los datos que no salen del país. Estima, no obstante, *“que un 20% del tráfico de Costa Rica se intercambia en CRIX”*⁷¹. Por su parte, la entonces presidenta de Costa Rica había pronosticado un *“ahorro de 35%”* antes de inaugurarse el IXP en 2014, —como se indicó en el apartado *Regulación y políticas públicas*— lo que debe interpretarse como un recorte de un tercio en el tráfico que usa enlaces internacionales.

Vargas señala también que ha bajado mucho la latencia (en el sitio CRIX se menciona un factor de 10x menos) *“y eso se ve en el intercambio de tráfico entre universidades que pasa por el IXP, el que baja de 150 ms a 20/30ms”*⁷².

Navégalo afirma que por efectos de su IXP la latencia entre Costa Rica y Panamá se redujo de 40 ms (vía Estados Unidos) a 9 ms (vía terrestre). Desde Costa Rica, brinda las siguientes latencias: Nicaragua: 9 ms, Guatemala: 19 ms, El Salvador: 18 ms y Honduras: 18 ms⁷³. Con estas latencias reducidas, sostiene el CEO de Navégalo Tyson Ennis, *“notaríamos una mejora considerable”* en aplicaciones que requieren conectividad en tiempo real, *“como videostreaming (YouTube), servicios de telefonía IP, televisión por internet [y] videollamadas (Zoom)”*.

Además, agrega, *carriers* e ISP *“incluyen el alto costo del tráfico internacional en su factura de Internet del usuario final”*. Con un IXP regional *“no tendrían que pagar altos costos [...] por transporte de datos entre países, lo que se reflejaría en una disminución de la factura [...] mes a mes”* por Internet.

“Para las empresas con presencia en la región, como bancos, esta es una excelente noticia. Por ejemplo, se optimizarían los procesos de transporte entre una sucursal en Honduras y otra en Nicaragua; esto con simplemente unirse al IXP y empezar a enviar la información que necesiten”, ilustra el CEO de Navégalo IXP⁷⁴.

CONCLUSIONES: PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LOS IXP

La evidencia empírica, incluyendo la recolectada para la confección de este trabajo, demuestra que los IXP han sido exitosos en la reducción de costos, mejora de la calidad de los servicios por reducción de la latencia y compartición y transmisión de conocimientos. Esos beneficios los han trasladado a los clientes

⁷¹ Sergio Tenorio Vargas, entrevista personal.

⁷² Sergio Tenorio Vargas, entrevista personal.

⁷³ <https://www.navegalo.com/ixp/>

⁷⁴ <https://www.larepublica.net/noticia/ixp-regional-como-mejoramos-el-internet-de-centroamerica>

en mejoras de calidad y velocidad de los servicios, mayor cobertura de sus redes y en menor medida en reducción de precios.

Si los precios del tránsito internacional son menores que los precios de transporte local los incentivos para instalar y desarrollar IXP tienden a desaparecer. En ese caso es bueno preguntarse por qué está sucediendo eso y tratar de ver qué déficit puede existir en la regulación y políticas públicas que están generando esos diferenciales de precios a favor de los precios internacionales.

La reducción de los precios de tránsito internacional y nacional puede desalentar el desarrollo de IXP basados exclusivamente en esta ventaja. Sin embargo, siempre es importante la presión competitiva, al menos en potencia, que significan los IXP. La actividad colaborativa de pequeños ISP tomando a su cargo pequeños tramos de transporte vinculados entre sí, contribuye a bajar costos y precios en zonas con baja capilaridad de redes secundarias (que se vinculan a las troncales) y con poca competencia.

Si bien podría justificarse aún un IXP por reducción en la latencia, está demostrado que el consumidor es más sensible a la velocidad del servicio que a la latencia y por tanto su predisposición a pagar más por menos latencia es reducida. También esa predisposición es reducida por velocidades que hoy día superen los 50 Mb⁷⁵ (pero la latencia puede ser crucial en 5G, IoT y para algunos usuarios profesionales). Obviamente que a ese consumidor le sigue resultando atractivo pagar lo mismo por más velocidad y menos latencia.

El incremento del tráfico de Internet durante la pandemia del COVID-19 fue del orden del 35-40% pero el incremento de las videoconferencias a través de plataformas como Zoom, Meet, Teams, Skype, etc., aumentó el 800%. Este cambio de patrones de tráfico, donde la información está fluyendo constantemente de extremo a extremo, obliga a repensar el esquema de los IXP, ya que no se trata sólo de contenido que se almacena y se busca en una CDN localizada en un IXP. Lo mismo puede acontecer con el deporte en vivo transmitido por *streaming*, lo cual, quizás, obligaría a los IXP a replantear su modelo de interconexión.

Un elemento destacable en el desarrollo de los IXP es que ellos han proliferado básicamente por acuerdos privados e incentivos de mercado antes que por imperio de la regulación. La regulación, como por ejemplo en el caso argentino, ha venido a darle una cobertura legal expresa a una situación existente y que no estaba prohibida. En el caso chileno, por su parte, la legislación mandatoria no produjo todos los efectos esperados de un IXP y fueron las soluciones voluntarias las que potenciaron PIT Chile.

Tanto en el caso de Costa Rica como de Argentina los operadores estatales han sido o son reticentes a conectarse a los IXP. En este sentido seguramente debe primar más su lógica de incumbentes que de operadores públicos. En el país centroamericano, finalmente, la pandemia actuó como un catalizador para que

⁷⁵ Liu, Y.-H., Prince, J. y Wallsten, S (2018) "Distinguishing Bandwidth and Latency in Households' Willingness-to-Pay for Broadband Internet Speed" en *Information Economics and Policy*, Julio 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2018.07.001>

ICE se incorpore al IXP CRIX, aunque inicialmente esto fue planteado como una situación para colaborar en la emergencia.

En cuanto a modelos para los IXP, no existe un “talle universal” (*one size fits all*). Cada país y cada IXP son casos diferentes y no puede establecerse un modelo único ni uno que sea el más conveniente, ya que en el origen, evolución y desarrollo de los puntos de intercambio de tráfico inciden numerosas circunstancias políticas, históricas, tecnológicas, económicas, institucionales y culturales que varían según el país.

En última instancia, lo que importa es que los IXP tengan un funcionamiento técnico e institucionalmente dinámico y flexible, de modo que puedan cumplir con sus fines y, al mismo tiempo, estar atentos a los cambios en el ecosistema de Internet para adaptarse a nuevas circunstancias. Como se ha señalado, a los objetivos de los IXP de abaratar el intercambio de tráfico reduciendo la recurrencia a enlaces internacionales se han sumado posteriormente otros, tales como ofrecer infraestructura y “nube” a sus participantes conectados, entre otras cosas para “acercar” contenidos o desarrollar aplicaciones.

Disponibilizar más información sobre redes, tráfico y costos puede contribuir a mejorar las condiciones de desarrollo de nuevos IXP, particularmente para ISP de menor tamaño y en regiones donde la brecha digital se manifiesta con mayor intensidad.

BIBLIOGRAFIA Y FUENTES COMENTADAS

A pesar de su importancia para el funcionamiento de la red y de la existencia de IXP en América Latina por más de dos décadas —y sin perjuicio de algunos trabajos específicos muy completos—, el tema ha sido poco estudiado y analizado. Esta afirmación puede ampliarse a las interconexiones de redes, una problemática algo más amplia pero que indefectiblemente incluye a los IXP.

Al mismo tiempo, la bibliografía general internacional sobre la cuestión es menos abundante de lo que cabría esperar.

En todos los casos, no nos estamos refiriendo a los aspectos estrictamente tecnológicos ni a artículos de poca profundidad o meramente noticiosos, ya sea en medios de comunicación masivos o especializados.

Hablamos de libros, artículos, textos o estudios —de consultores, analistas sectoriales, ámbitos académicos, organismos/ONG internacionales y compañías— que aborden el fenómeno en su integralidad o con la profundidad necesaria y que traten acerca del funcionamiento y organización de los IXP, su entorno económico o regulatorio, así como de sus efectos e influencia, tanto en general como en casos de países o regiones.

Una búsqueda en Google Books de la frase en español “Puntos de Intercambio de Internet” realizada a las 1500 UTC del 11.01.2021 arrojó apenas 226 resultados (menos de una decena en singular) contra más de 72 millones del

término “Internet” (en todos los idiomas). La frase en inglés “Internet Exchange Points” devuelve 2970 resultados. En Google Académico, “Puntos de Intercambio de Internet” da el muy magro número de 45 resultados (en inglés 3900), mientras que con la palabra “Internet” se rastrean 5,7 millones de menciones.

Internacional general

La Internet Society (ISOC) brinda en su sitio (o a través de otros cuando ya no están disponibles en su ubicación originaria) varios artículos o *briefs* que constituyen un buen punto de partida, en particular:

- Internet Society (2007). *Report from the IGF Rio Best Practices Session Internet Traffic Exchange in Less Developed Internet Markets and the Role of Internet Exchange Points*. Reston, VA, EUA/Ginebra, Suiza: ISOC. Disponible en https://www.intgovforum.org/cms/rio_reports/igf-ixp-report-2007.pdf
- Internet Society (s/f). *Internet Exchange Point (IXP) Information Web page*. Disponible en <https://www.internetsociety.org/resources/doc/2020/explainer-what-is-an-internet-exchange-point-ixp/>
- Internet Society (s/f). *Introducción a los actores y conceptos de interconexión en Internet*. Disponible en https://www.itu.int/md/dologin_md.asp?lang=en&id=S13-WTPF13-C-0009!N2!PDF-S
- Jensen, Mike (2012). *Promoting the Use of Internet Exchange Points: A Guide to Policy, Management, and Technical Issues*. Internet Society Reports. Reston, VA, EUA/Ginebra, Suiza : ISOC. Disponible en <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2012/12/promote-ixp-guide.pdf>
- Wooding, Bevil (2012). *Puntos de intercambio de internet. Colaborar para el bien común*, Internet Society Reports, Reston, VA, EUA/Ginebra, Suiza : ISOC. Disponible en <http://www.internetsociety.org/es/puntos-de-intercambio-de-tr%C3%A1ficocolaborar-para-el-bien-m%C3%A1s-grande-de-bevil-m-wooding>
- Internet Society (2014). *The Internet Exchange Point (IXP) Toolkit and Best Practices Guide*. Disponible en <http://www.internetsociety.org/ixptoolkitguide> y www.ixptoolkit.org
- Internet Society (2015). *Informe de políticas: Puntos de intercambio de tráfico de Internet*. Reston, VA, EUA/Ginebra, Suiza : ISOC. Disponible en <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/ISOC-PolicyBrief-IXP-20151030-es.pdf>

Existe también un *paper* sobre dos países africanos, uno de los primeros estudios sistemáticos de caso realizados a nivel mundial sobre las características e impacto de los IXP en sus respectivos entornos y que se ha transformado en una temprana referencia clásica en este tipo de estudios:

- Internet Society (2012). *Assessment of the Impact of Internet Exchange Points (IXP): Empirical Study of Kenya and Nigeria*. Reston, VA, EUA/Ginebra, Suiza: ISOC. Disponible en <https://www.internetsociety.org/resources/doc/ixpimpact>

El estudio es aún más interesante si se considera que se hizo un seguimiento, que permitió actualizarlo y afinar datos y conclusiones:

- Kende, Michael/Internet Society (2020). *Anchoring the African Internet Ecosystem. Lessons from Kenya and Nigeria's Internet Exchange Point Growth*. Reston, VA, EUA/Ginebra, Suiza: ISOC. Disponible en <https://www.internetsociety.org/issues/IXP/ixpreport2020/>

Hay también un estudio referido a América Latina realizado con el apoyo de ISOC que será tratado más adelante (ver Galperín, 2013).

Siempre en el ámbito internacional, están disponibles en la red recursos muy útiles. Uno de ellos es la *IXP Data Base*, mantenida por la Internet Exchange Federation (IX-F), compuesta por cuatro asociaciones regionales de IXP (Af-IX -África-, AP-IX Asia-Pacífico, Euro-IX -Europa- y LAC-IX -América Latina y el Caribe-). Ofrece una base de datos de 912 IXP registrados en el mundo (al 31.01.2021). Está disponible en <https://ixpdb.euro-ix.net/en/ixpdb/ixps/>. Otra lista de IXP, que parece más actualizada en cuanto a su cantidad total y a datos individuales de muchos IXP, incluyendo tráfico, es la de Packet Clearing House, con 1073 IXP (al 31.01.2021), disponible en <https://www.pch.net/ixp/dir>.

Por su parte, TeleGeography tiene un sitio que incluye un planisferio expansible donde está marcado cada IXP del mundo con su dirección física (calles y numeración), otros datos de contacto y fecha de creación: <https://www.internetexchangemap.com>.

También en Internet, compañías como Akamai (proveedora de servicios en la nube), Cisco (servidores, enrutadores), Cloudflare (infraestructura y seguridad web) o TeleGeography (releva la configuración mundial de la infraestructura de redes), cuentan con *briefs* precisos, artículos y datos sobre IXP y aspectos relacionados. Entre muchos otros de esos recursos pueden mencionarse:

- Akamai, Inc. (s/f). *¿Que es una CDN?* [en español]. Disponible en <https://www.akamai.com/es/es/cdn/what-is-a-cdn.jsp>
- Cisco Systems (s/f). *What is a Data Center?* Disponible en <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/data-center-virtualization/what-is-a-data-center.html>
- Cloudflare, Inc (s/f). *¿Qué la nube? Definición de nube* [en español]. Disponible en <https://www.cloudflare.com/es-es/learning/cloud/what-is-the-cloud/>
- TeleGeography (a division of PriMetrica Inc) (2021, actualizado permanentemente). *Submarine Cable Map*. Disponible en <https://www.submarinecablemap.com/>

Entre los recursos académicos, un autor realizó un estudio innovador acerca de la manera en que los IXP pueden “*introducir importantes contrapesos en la influencia y el poder de mercado de GAFAM [las plataformas web más importantes del mundo] y los CDN [...] facilitando mercados abiertos*”:

- Sowell, Jesse H. (2020). “Evaluating Competition in the Internet’s Infrastructure: a View of GAFAM from the Internet Exchanges” en *Journal of Cyber Policy*, 5. 1-33. Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23738871.2020.1754443>

En el siguiente artículo, un *team* de expertos de distintos orígenes analizó conjuntamente la situación de los IXP en el continente africano y proponen un modelo para monitorear y analizar su desempeño e impacto. Este estudio no tiene relación con el de ISOC sobre Kenia y Nigeria, mencionado antes, aunque lo toma en cuenta:

- Fanou R., Sanchez-Agüero, V., Valera, F., Mwangi, M. y Coffin, J. (2019). “A System for Profiling the IXP in a Region and Monitoring their Growth: Spotlight at the Internet Frontier” en *International Journal of Network Management* 29 (2), e2056. Disponible en <https://doi.org/10.1002/nem.2056>

América Latina

Para toda la región, como fuentes primarias, resulta natural destacar los sitios web de las propias IXP de los diferentes países, los que también ponen de manifiesto los diferentes modelos.

Como ejemplos pueden citarse el IX.br (<https://ix.br/>) (manejado por el Comitê Gestor da Internet no Brasil, un organismo semioficial creado por decreto que reúne a representantes estatales, del sector empresario, científico y académico) o el MEX-IX MDC (<https://www.mdccenters.com/es/services/interconnection/internet-exchange-point/>)

para México (McAllen Data Center, que tiene la particularidad de estar situado fuera de esa nación, aunque en una ciudad estadounidense fronteriza y de estar operado por una compañía comercial, pero sin dejar de ofrecer un entorno neutral con respecto a operadores mexicanos).

Para los tres países analizados en el presente estudio, pueden consultarse en la web los sitios respectivos de los correspondientes IXP.

Los 32 IXP argentinos existentes a principios de 2021 son manejados por CABASE (<https://www.cabase.org.ar>), que reúne y conecta a la gran mayoría de los operadores. Aunque el sitio de CABASE –a la vez sitio de los IXP– no ofrece datos sobre el tráfico diario o mensual, tiene información sobre la cámara, sus servicios, miembros de los IXP y artículos. La entidad edita periódicamente el *Atlas de la Red Nacional de IXP*, que muestra la disposición de los mismos en el territorio y el *CABASE Internet Index - Estado de Internet en Argentina y la Región*, con valiosos datos que pueden utilizarse en el análisis de impacto de los IXP.

El principal IXP de Chile, PIT Chile, compuesto por operadores y otros actores (incluyendo a su vez, los IXP bilaterales que cada operador debe establecer obligatoriamente en Chile), está en <https://www.pitchile.cl/> Su sitio cuenta con información, notas y artículos y cuenta con estadísticas de tráfico actualizadas diariamente, tanto generales como las correspondientes a cada IXP regional chileno.

En Costa Rica, el principal IXP, CRIX (<https://www.crix.cr>) está a cargo del NIC.CR, administrado por la Academia de Ciencias de Costa Rica. Ofrece información general, artículos y estadísticas de tráfico actualizadas para cada día.

La Asociación de Puntos de Intercambio de Tráfico de América Latina y Caribe (LAC.IX), que nuclea a los distintos IXP de la región, tiene su sitio en <https://lac-ix.org/asociacion-de-puntos-de-intercambio-de-internet-de-america-latina-y-caribe/> y brinda alguna información útil sobre IXP y temas relacionados.

El edificio donde se ubica esta asociación, en Montevideo (Uruguay), compartido con otras asociaciones de *governanza* de internet (LACNIC, LACTLD, ICANN América Latina y Caribe, ISOC, ECOM-LAT y Red Clara), dio lugar a un artículo donde se describe someramente la actuación de cada una de ellas:

- Jackson, Matías (2016). “Una mirada dentro de La Casa de Internet”. Disponible en <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3611300>

Entre los organismos reguladores latinoamericanos, ANATEL (Brasil) parece haber sido uno de los primeros en ocuparse metódicamente del tema a través de trabajos de uno de sus analistas:

- Cavalcanti, Daniel (2011). “The Role of Internet Exchange Points in Broadband Policy and Regulation” en *Revista de Direito, Estado e Telecomunicações* 3 (1): 75-88.
- Cavalcanti, Daniel (2015). “Situación actual de la región sobre implementación de IXP. El rol del regulador, IXP y regulaciones” (Presentación) en *Tercer Foro Regional sobre Interconectividad, Ciberseguridad e IPV6, 2015*, Panamá. Disponible en <https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/Americas/Documents/EVENTS/2015/0910-PA-IXP/3%20Jueves%20ANATEL%20Cavalcanti%20Situaci%C3%B3n%20implementaci%C3%B3n%20IXP.pdf>

También el organismo regulador colombiano publicó un estudio relevante:

- Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) (Colombia) (2015). *Condiciones de intercambio eficiente de tráfico de Internet - Documento de consulta - Regulación de Infraestructura*. Bogotá: CRC.

En algunos casos, como este de México, organismos reguladores promovieron mesas o paneles de debate con expertos que generaron documentos con análisis y conclusiones de fondo:

- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2019). “Conclusiones Puntos de intercambio de tráfico de Internet y centros de datos” en *Mesa Temática de la Subsecretaría de Comunicaciones 17.05.2019*. México DF: SCT. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/479554/conclusiones_puntos_de_intercambio_de_trafico_de_Internet_y_centros_de_datos.pdf

Un ejemplo de artículo sobre un IXP escrito desde una de las entidades que lo maneja, en este caso el MDC McAllen, es el siguiente:

- Hernández, René (2019). “Confianza y neutralidad: los desafíos que enfrentan los IXP en México”. Disponible en <https://www.mdcdatacenters.com/es/company/blog/trust-neutrality-the-challenges-IXP-face-in-mexico/>

En cuanto a trabajos académicos, de consultoría o de organismos internacionales que aborden el fenómeno de los IXP en forma rigurosa o sistemática recién comenzaron a aparecer mayormente en la última década, aunque hay algunos tempranos artículos aislados de autores individuales anteriores a 2010:

- Crom J., Cavalli O. y Kijak, A (2003). “Desarrollo de NAPs en Sudamérica”. Montevideo: Atlantic Consulting e Instituto para la Conectividad en las Américas. <https://www.idrc.ca/uploads/user-S/11660380021NAPs-Sp.pdf> [enlace no disponible en enero de 2021].
- Beltrán, Fernando y Acosta, B. (2004). “El uso de los flujos de tráfico entre proveedores de servicio Internet para la asignación de costos en un punto de intercambio de tráfico (NAP)” en *RCT, Revista Colombiana de Telecomunicaciones*, noviembre de 2004.
- Beltrán, Fernando. (2006). “Evolution of Network Access Points (NAPs) and agreements among Internet Service Providers (ISPs) in South America”, *Revista de Ingeniería* [Bogotá, Colombia], (23): 109-118. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932006000100014&lng=en&tlng=en

En 2010 la CEPAL promovió el *Diálogo Regional de Banda Ancha*, un foro de discusión con representantes de 10 gobiernos de América Latina, el cual se abocó a identificar aspectos clave para adoptar medidas que permitieran masificar el uso de la banda ancha. Entre los aspectos a ser analizados figuraba el tipo de conectividad que caracteriza a los países de la región. Como resultado de esta iniciativa se editó un libro que incluía el siguiente capítulo:

- De León, Omar (2012a). “II. Conectividad de Banda Ancha en América Latina” en Rojas, Edwin (ed.) *Conectados a la banda ancha: Tecnología, políticas e impacto en América Latina y España*, Santiago de Chile: CEPAL. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4017/1/S2012101_es.pdf

Es un texto incluido en un trabajo más general que, sin embargo, puede considerarse como uno de los primeros estudios sistemáticos y de cierta profundidad de las IXP en el marco latinoamericano. Comienza con consideraciones generales sobre los IXP y los caracteriza como uno de los factores que influyen “en las velocidades de conexión, los parámetros de calidad, la teledensidad y las tarifas”. Examina las tendencias de los CDN, realiza un análisis comparado de la normativa, menciona el “ICT Regulation Toolkit” de la ISOC y puntualiza en las conclusiones que “la regulación debería ser lo menos intrusiva posible y proporcional a los fines deseados”.

El mismo autor escribió luego un estudio más amplio para la CEPAL:

- De León, Omar (2012b). *Desarrollo de la conectividad nacional y regional en América Latina*. Serie Documentos de Proyectos No.502 (LC/W.502). Santiago de Chile: CEPAL. Disponible en <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/4012>

Es un análisis que tiene como tema único a los IXP. Desarrolla una metodología para medir la conectividad regional y ofrece un diagnóstico de situación de los IX en la región, país por país, un capítulo sobre “modelos económicos-teóricos en la

interconexión CDN-ISP”, los CDN (en el mundo y en la región) y otro sobre “mejores prácticas en la operación de los IXP”. También ofrece recomendaciones sobre los IXP y los CDN y por último proporciona –a modo de conclusión– unos “indicadores clave de rendimiento (ICR) de la interconexión de Internet”.

Muy poco después, otro autor escribió un estudio patrocinado y financiado por ISOC:

- Galperín, Hernán (2013). *La conectividad en América Latina y el Caribe. El rol de los puntos de intercambio de tráfico*, Centro de Tecnología y Sociedad, Documento de Trabajo No. 14. Buenos Aires: Universidad de San Andrés.
<http://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/bitstream/10908/15562/1/%5BP%5D%5BW%5D%20DT14-Galperin%20%28spa%29.pdf>

El trabajo, auspiciado por ISOC, analiza el desarrollo de los IXP en América Latina y El Caribe al tiempo que documenta las mejores prácticas en base al estudio de cuatro países: Argentina, Brasil, Colombia y Ecuador. En base a los estudios teóricos de la época y la evidencia empírica recolectada (mayormente entre los años 2011, 2012 y principios de 2013), el trabajo destaca que los IXP en la región contribuyen al crecimiento de internet fundamentalmente a través de tres mecanismos: (i) reducción de costos de tránsito; (ii) mejora de la calidad de los servicios y (iii) fomento de la inversión en infraestructura de parte de los ISP locales y desarrollo de capital humano.

Desde el punto de vista del análisis integral de los IXP, estos trabajos pueden considerarse los pioneros en el tema, ya que analizan las relaciones de interconexión entre ISP y operadores, presentan un diagnóstico de los IXP en los distintos aspectos y señalan su impacto sobre las redes.

Algunos trabajos se concentraron en países específicos:

- Meza Hinostroza, Wieder Mayer (2007), “Intercambio de tráfico IP entre operadores locales - NAP Perú”. Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima: UNI. Disponible en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/10061>
- Galperin, H., Alvarez-Hamelin, J.I. y Viencens, M. (2014). *Do Internet Exchange Points Really Matter? Evidence from Bolivia 2014*. TPRC Conference Paper, Disponible en <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2418576>

A partir de entonces la producción sobre la cuestión se incrementó con nuevos estudios de organismos internacionales y de consultores independientes, algunos de ellos también investigadores universitarios.

Los siguientes trabajos se ocupan en forma exclusiva de los IXP o bien los tratan detenidamente en el contexto de temas más generales. Junto con los anteriormente mencionados de De León (2012a y 2012b) y Galperín (2013), son los estudios más sustanciales disponibles al día de hoy sobre los IXP en América Latina:

- Jordán, V., Galperín, H. y Peres, W. (coords.) (2013). *Banda ancha en América Latina: más allá de la conectividad*, Santiago de Chile: CEPAL. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35399/1/S2013070_es.pdf

En esta obra de autores varios y publicada por la CEPAL, las consideraciones de política se centran en los planes nacionales de universalización y el debate sobre la neutralidad de la red. El estudio de las tendencias recientes (2013) se focaliza en el avance de la

computación en la nube y los desafíos que presenta el ingreso de los operadores over the top (OTT). Especial atención se presta a la necesidad de expandir regionalmente los IXP y a la importancia de la brecha de demanda. Respecto de la cuestión objeto de este trabajo, el capítulo III del estudio se dedica a la conectividad regional e internacional. Escrito por Omar de León, hace hincapié en la necesidad de fomentar los IXP por los beneficios que conllevan para el desarrollo de la banda ancha.

- Agudelo, M. (ed.), Katz, R., Flores-Roux, E., Duarte Botero, M. C., Callorda, F., y Berry, T. (2014). *Expansión de infraestructura regional para la interconexión de tráfico de internet en América Latina*. Caracas: CAF-Banco de Desarrollo de América Latina. Disponible en <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/522>

Este estudio es uno de los más extensos. Su propósito, a lo largo de casi 250 páginas, con nueve capítulos y seis anexos (algunos en soporte informático), es elaborar un plan de desarrollo de IXP regionales en Latinoamérica y el Caribe. Releva e interpreta a fondo la situación al momento del informe solamente en relación a cinco países (Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México), pero hay numerosas referencias esparcidas a lo largo del texto sobre distintos aspectos de los IXP en las restantes naciones latinoamericanas. Analiza ampliamente la experiencia mundial (tendencias, modelos de negocio, modelos operativos, arquitectura y modelos técnicos, marco regulatorio y políticas públicas, impacto económico) y sugiere modelos operativos, de gobernanza y financieros para los IXP, diseñados en forma particular para casi todos los países latinoamericanos. A partir de esto, se propone una serie de IXP regionales: Panamá (Centroamérica y Caribe) Fortaleza (Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay) y Lima (Perú, Brasil, Ecuador, Chile y Bolivia), actuando este último como vínculo interregional. Seguidamente, elabora una propuesta que cubre estos aspectos y un modelo de negocios con estimaciones de costos, ingresos, ahorros y beneficios esperados en el desarrollo de la banda ancha. Concluye con un “plan de implantación y hoja de ruta”. Más allá de su profundidad, el trabajo ha experimentado los efectos del paso del tiempo (no existían aún los IXP multilaterales chileno y costarricense).

- Prince, Alejandro y Jolías, Lucas (2015). *Modelos e impactos de los puntos de intercambio de tráfico (IXP) en América Latina y Caribe*, presentado en STS 2015, 2° Simposio Argentino sobre Tecnología y Sociedad: Buenos Aires. Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/59785/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Este trabajo estudió el desarrollo de los IXP en Argentina, Bolivia, Chile, Costa Rica, Curaçao, Ecuador, El Salvador, Haití, México y Panamá, desde sus etapas iniciales a modelos más complejos. La investigación busca reflejar no sólo los beneficios técnicos y de costos, derivados directamente del intercambio de tráfico mediante IXP, sino también otros impactos y alcances, económicos, organizacionales y sociales, tanto directos como indirectos, destacando particularmente el desarrollo de conocimientos a través de la compartición de los mismos. Trabaja mayormente con datos relevados entre 2012 y 2014 y entrevistas realizadas a diversos responsables del desarrollo de los IXP en la región. Destaca el carácter de espacio abierto, neutro y adaptativo para el manejo de las tensiones en el ecosistema de internet que resultan los IXP.

- OCDE/BID (2016). *Políticas de banda ancha para América Latina y el Caribe: un manual para la economía digital*. París: OECD Publishing. Disponible en <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Pol%C3%ADticas-de-banda-ancha-para-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-Un-manual-para-la-econom%C3%ADa-digital.pdf>

Una visión integral de la situación de Internet, políticas actuales y políticas recomendadas, con un capítulo sobre Integración Regional, que incluye el tema de los IXP. Enumera factores a mensurar para evaluar su desempeño y “ejemplos de buenas prácticas de gestión”. También ofrece un cuadro sobre IXP y CDN en países seleccionados al momento de redactarse el informe.

- García Zaballos, Antonio e Iglesias, Enrique (2019). *Informe anual del Índice de Desarrollo de la Banda Ancha en América Latina y el Caribe* (IDBA 2018). Washington DC, EUA: BID [último informe publicado]. Disponible en <https://publications.iadb.org/es/informe-anual-del-indice-de-desarrollo-de-la-banda-ancha-en-america-latina-y-el-caribe-idba-2018>

Si bien no es un estudio que se concentre específicamente en IXP, ofrece un amplio repositorio de estadísticas y comparativos acerca de la banda ancha en la región latinoamericana. Establece cuatro “pilares” a considerar para elaborar índices de calidad y desempeño de las redes: Políticas Públicas/Visión Estratégica, Regulación Estratégica, Infraestructuras y Aplicaciones/Capacitación. Cada pilar se compone a su vez de una serie de elementos. Dentro del pilar Infraestructuras se contempla como un elemento positivo la existencia de IXP. Como dato mencionemos que los tres países tratados en esta breve investigación (Argentina, Chile y Costa Rica) alcanzan el máximo puntaje en dicho elemento. El trabajo señala que la inclusión de este elemento en el índice obedece a que generan dos efectos positivos en los usuarios al reducir los costos: (i) mejor calidad del servicio por aumento de la velocidad a igual precio y (ii) mayor adopción por baja de precios en los planes de menor velocidad.

- Echeberría, Raúl (2020a). *Infraestructura de Internet en América Latina: puntos de intercambio de tráfico, redes de distribución de contenido, cables submarinos y centros de datos*. Serie Desarrollo Productivo No. 226 (LC/TS. 2020/120), Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile : CEPAL. Disponible en <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46388-infraestructura-internet-america-latina-puntos-intercambio-trafico-redes>

Este trabajo ofrece un enfoque bastante actualizado, ya que incluye un apartado con el título El efecto de la pandemia del COVID-19 en el que indica que “se estima que el tráfico de datos de Internet ha crecido en promedio un 30%”. Comienza analizando los IXP en siete países (Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México, Panamá y República Dominicana), luego examina la situación de los CDN en términos generales (arquitectura, POP, cachés) y en cada uno de los países antes mencionados. Ofrece una completa sección sobre cables submarinos de fibra óptica en la región latinoamericana, con énfasis en las naciones indicadas y finaliza haciendo lo propio con los data centers.

- Echeberría, Raúl (2020b). *Infraestructura de Internet en Mesoamérica. Cables submarinos, IXPs, CDNs*. Inédito y preliminar.

Este estudio fue elaborado con el auspicio de la CEPAL, en el marco de un pedido de asistencia técnica hecho por COMTELCA y presentado en un evento público en forma preliminar. Destaca la conectividad internacional de la región mesoamericana (en la cual el autor incluye a Colombia, Belice y República Dominicana) a través de una buena oferta de cables submarinos y conexiones terrestres entre México y Estados Unidos y el desarrollo de REDCA, la red de transporte regional desarrollada a partir de compañías eléctricas, que se encuentra subaprovechada. La variada oferta de conectividad internacional es una oportunidad para que la región se constituya en un hub, pero a la vez la cercanía con los Estados Unidos desalienta el desarrollo de IXP e instalación de data centers y CDN. No obstante, ya existen 16 IXP en la región. La incorporación de contenido académico y de gobierno resulta un elemento que podría potenciar el intercambio local de tráfico.

Entrevistas personales

Las entrevistas personales fueron efectuadas entre diciembre de 2020 y enero de 2021 por vía telefónica o email:

- Ariel Grazier, presidente de la Cámara Argentina de Internet (CABASE), Buenos Aires, Argentina.

- Nicolás Acosta, responsable técnico de Colsecor, Córdoba, Argentina.
- Luis Delamer, director Mayorista, Estrategia y Regulación de Telefónica de Argentina SA, Buenos Aires, Argentina.
- Marcelo Tulissi, propietario de Correa Radiovisión, Correa (Provincia de Santa Fe), Argentina y presidente de la Cámara Argentina de Cableoperadores PyMEs (CACPY).
- Marcelo De Ambrosio, propietario de Velonet, General Pico (Provincia de La Pampa), Argentina y presidente de la Cámara Argentina de Pequeños Proveedores de Internet (CAPPI).
- Iván Žilić Schmidt, director de Tecnología de PIT Chile, Santiago, Chile.
- Sergio Tenorio Vargas, gerente IT de NIC.CR, San José, Costa Rica.