



# REPORTE ANALÍTICO INDICADORES DE TELECOMUNICACIONES EN AMÉRICA LATINA.

2DO SEMESTRE DE 2023

CENTRO DE ESTUDIOS DEL IFT

MTRO. JOSÉ ALBERTO CANDELARIA BARRERA

## Índice

Introducción .....	3
Información estadística.....	5
Panorama del desarrollo digital en América Latina a partir de los indicadores estimados .....	6
Determinación de agrupamientos en función de los veintiún indicadores de telecomunicaciones.....	20
Conclusiones .....	23
Anexo Metodológico .....	25
Aplicación de técnicas de agrupamiento a variables de telecomunicaciones de países de América Latina.....	25
Metodología y Análisis de clústeres.....	25
Metodología aplicada al diseño del índice de desarrollo digital e inteligencia artificial.....	28

## Introducción

El acceso a tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TIC's) de buena calidad es esencial para las naciones que buscan alcanzar un alto desarrollo económico que beneficie a su población. El Banco Mundial<sup>1</sup> destaca que la digitalización de la economía ha generado efectos positivos que han tenido impacto sobre el crecimiento económico y el bienestar social. Es así, ya que la economía global y el comercio internacional requieren de un nivel de integración que solamente es alcanzable cuando se cuenta con una adecuada infraestructura en TIC's.

En cuanto a la región que nos ocupa, América Latina, también se considera que las TIC's juegan un rol esencial en el incremento del empleo, la movilidad del capital, la redistribución del valor agregado entre factores como el propio capital y el trabajo, o, incluso, en la reducción del gasto en materiales y contaminantes en la economía. Autores como Jordá-Borrell y López-Otero (2020)<sup>2</sup> concluyen en su artículo que las TIC's favorecen el crecimiento del PIB per cápita en los países en desarrollo, y en especial cuando existen otros factores como el financiamiento, un cierto tamaño del mercado extranjero, así como la formación de proveedores locales, entre otros factores, los cuales influyen positivamente en el desarrollo económico.

Según un estudio reciente de Katz<sup>3</sup> para la región de América Latina, un incremento del índice de digitalización de 1 por ciento resulta en un aumento de 0.32 por ciento en el producto interno bruto, de 0.26 por ciento en la productividad laboral, de 0.23 por ciento en la productividad multifactorial y de 0.09 por ciento en la contribución de las TIC a la productividad laboral.

Por otro lado, se considera que el avance tecnológico de las telecomunicaciones es un fenómeno multifactorial que requiere de la consideración de distintos indicadores para ser capturado, por lo que su medición integral es compleja<sup>4</sup>. La

---

<sup>1</sup> Banco Mundial. "World Development Report 2016: Digital Dividends." Text/HTML. Washington D.C.: World Bank. Consultado el 12 de octubre, 2017. <http://www.worldbank.org/en/publication/wdr2016>

<sup>2</sup> Jordá-Borrell, R., & López-Otero, J. (2020). Economic growth factors in developing countries: the role of ICT. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, (86). <https://doi.org/10.21138/bage.2979>

<sup>3</sup> Katz, R. (2018) La digitalización: una clave para el futuro crecimiento de la productividad en América Latina.

<sup>4</sup> Véase por ejemplo Katz & Koutroupis (2013) que utilizan un índice multidimensional, compuesto por 6 pilares, cada uno de los cuales está calculado por múltiples componentes que agregan varios indicadores. Por su parte Gerpott, Torsten & Ahmadi, Nima (2015) integran 11 indicadores agrupados en 3 subíndices de primer nivel, a saber: 1) oferta de infraestructura y de servicios de telecomunicaciones, 2) adopción por los clientes finales y 3) la intensidad de uso de las líneas a las que se accede. Por su parte, el Índice de preparación en red (NRI, Networked Readiness Index) fue formulado por el Foro Económico Mundial (WEF, en inglés), fue publicado por primera vez en el año 2003, para medir el grado en que una sociedad está preparada para hacer un buen uso de la infraestructura TIC y de los contenidos digitales asequibles. El NRI está conformado por 4 subíndices (entorno, preparación, uso e

existencia de diferentes variables que señalan el avance de los distintos aspectos que conforman el desarrollo tecnológico dificulta establecer conclusiones y definir una estrategia de conectividad acorde con las necesidades de cada país. Asimismo, la penetración de los servicios de telecomunicaciones en la región de América Latina no ha sido homogénea durante los últimos años.<sup>5</sup>

En este trabajo se realiza un análisis estadístico del contraste que existe en el desarrollo de las telecomunicaciones en un conjunto formado por 14 países de América Latina y que integra a las economías más grandes de la región, incluyendo a México. Este ejercicio es de utilidad para observar el avance de la conectividad y de las tendencias en el desarrollo digital de los países. Con esta información se genera un insumo analítico útil que permite identificar brechas con respecto a otras naciones de la región, lo que constituye un primer paso en el diseño e implementación de políticas públicas para acortar dichas diferencias.

Para este análisis se utiliza una técnica estadística de agrupamiento de datos, la cual permite integrar subconjuntos de países según el grado de similitud en el avance que registran en materia de telecomunicaciones, utilizando para ello veintiuna de las principales variables del sector. Cada agrupamiento incluye a los países que exhiben niveles similares de acceso a la infraestructura y a los servicios de telecomunicaciones, así como en la adopción digital y la conectividad, mientras que entre los diferentes agrupamientos se busca la mayor divergencia al respecto.

Es así como este ejercicio permite establecer qué países han alcanzado un nivel similar en cuanto a la dotación integral de los servicios de telecomunicaciones, incluyendo indicadores como la banda ancha móvil, banda ancha fija, voz fija, televisión restringida y telefonía móvil; así como variables de conectividad como las velocidades de descarga de banda ancha fija y móvil, o el porcentaje de suscripciones de tecnología de red 5G. Asimismo, se consideran indicadores de adopción digital y computo como el número de data centers y de supercomputadores por país.

Aunado a lo anterior, se construye un índice de desarrollo digital e inteligencia artificial (IDD-IA) mediante el uso de la técnica de componentes principales. Para ello, se subdividen los veintidós indicadores en cuatro dimensiones, las cuales son: servicios fijos, servicios móviles, conectividad, así como adopción digital y cómputo.

---

impacto). La OCDE publica 15 indicadores que se extraen de diversas publicaciones y bases de datos producidas por la Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación de esa organización.

<sup>5</sup> Katz y Calorda (2015) en su estudio "Impacto de arreglos institucionales en la digitalización y el desarrollo económico de América Latina" estiman un índice que permite inferir el diferente posicionamiento en materia de digitalización de los países de América Latina. Así también véase Reporte de Indicadores de Telecomunicaciones para países de América Latina de 2020 del Centro de Estudios del IFT, el cual se elaboró con cifras estadísticas de 2019 Disponible en: <https://centrodeestudios.ift.org.mx/admin/files/indicadores/1627332188.pdf>

Los resultados de este análisis multifactorial sobre el avance del sector de las telecomunicaciones en América Latina para 14 países, permite establecer cuatro grupos con niveles similares de equipamiento de servicios de telecomunicaciones, adopción digital, cómputo y conectividad. Asimismo, la construcción del IDD-IA permite dar un ordenamiento a los cuatro agrupamientos o clústeres.

En este sentido, el progreso de México de los últimos años lo ha llevado a posicionarse junto a países como Argentina, Brasil y Uruguay, siendo este el segundo grupo de los cuatro por nivel de desarrollo. Este es un indicativo de que el trabajo realizado en México a partir de la reforma en telecomunicaciones del año 2013 ha reportado beneficios tangibles, fomentándose una mayor competencia en el sector y una reducción de los precios<sup>6</sup> de los diferentes servicios fijos y móviles de las TIC's.

## Información estadística

La muestra estudiada se integra por 14 países de América Latina, a saber: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay. Las fuentes de los indicadores estadísticos son: la consultora OMDIA<sup>7</sup> (World Cellular Information Service y el World Broadband Information Service), la International Telecommunication Union (ITU), el Banco de Información de Telecomunicaciones (BIT)<sup>8</sup> del IFT, Speedtest Global Index<sup>9</sup>, Baxtel<sup>10</sup> y la lista Top 500 de supercomputadoras<sup>11</sup>.

**Cuadro 1.** Descripción de los indicadores

Categoría	Indicador	Fuente
Servicios Fijos	<i>Penetración de accesos de banda ancha fija</i>	Omdia
	<i>Penetración de voz fija</i>	Omdia
	<i>Porcentaje de accesos del servicio fijo de acceso a Internet por medio de fibra óptica</i>	Omdia
	<i>Penetración de TV restringida</i>	Omdia

<sup>6</sup><http://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/entre-2016-y-2021-la-renta-mensual-real-promedio-de-internet-fijo-single-play-disminuyo-entre-30-y>

<sup>7</sup><https://omdia.tech.informa.com/>

<sup>8</sup><http://www.ift.org.mx/>

<sup>9</sup><https://www.speedtest.net/global-index>

<sup>10</sup><https://baxtel.com/>

<sup>11</sup><https://www.top500.org/lists/top500/list/2023/06/>

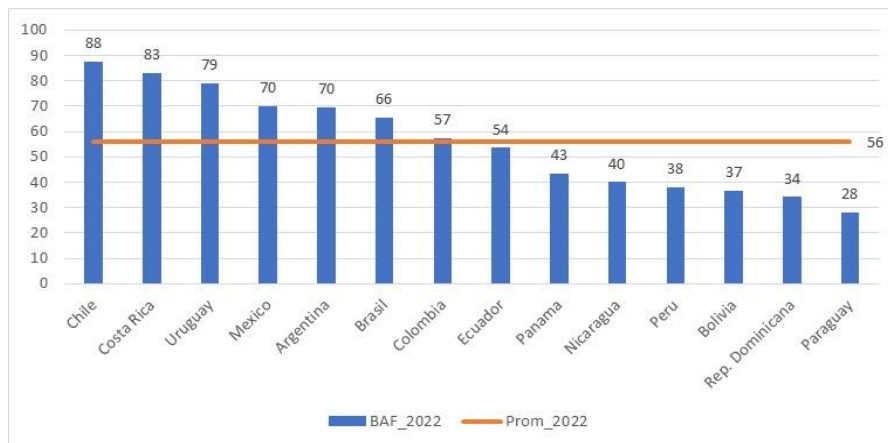
	<i>Gasto en servicios de banda ancha fija como por ciento del PIB per cápita (inverso)<sup>12</sup></i>	ITU
Servicios Móviles	<i>Teledensidad de conexiones de banda ancha móvil por cada 100 habitantes.</i>	Omdia
	<i>Teledensidad de líneas de telefonía móvil por cada 100 habitantes.</i>	Omdia
	<i>Porcentaje de conexiones de banda ancha móvil con tecnología de red 4G.</i>	Omdia
	<i>Porcentaje de conexiones de telefonía móvil que se realizan con smartphone respecto del total de dispositivos.</i>	ITU
	<i>Inverso del gasto en servicios de banda ancha móvil como por ciento del PIB per cápita</i>	ITU
	<i>Gasto en datos y voz móviles como por ciento del PIB per cápita (inverso)</i>	ITU
	<i>Porcentaje de población cubierta por al menos tecnología de red 3G</i>	ITU
Conectividad	<i>Porcentaje de población que utiliza Internet</i>	OCDE
	<i>Velocidad de descarga de banda ancha fija en mbps.</i>	Speedtest
	<i>Velocidad de descarga de banda ancha móvil en Mbps,</i>	Speedtest
	<i>Porcentaje de suscripciones a tecnología de red 5G</i>	ITU
Adopción digital y cómputo	<i>Penetración de Over The Top (OTT por sus siglas en inglés) video</i>	Omdia
	<i>Conexiones activas de Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) por cada 100 habitantes</i>	Omdia
	<i>Servidores de Internet por cada millón de habitantes</i>	OCDE
	<i>Número de data centers</i>	Baxtel
	<i>Número de supercomputadoras</i>	www.top500.org

## Panorama del desarrollo digital en América Latina a partir de los indicadores estimados

La Gráfica 1 presenta la variable de penetración de accesos de banda ancha fija para cada uno de los 14 países incluidos en el Reporte. Es así como Chile presenta el mayor avance en cuanto a penetración con 88 accesos de banda ancha fija por cada 100 hogares; en tanto Costa Rica llega a 83 accesos por cada 100

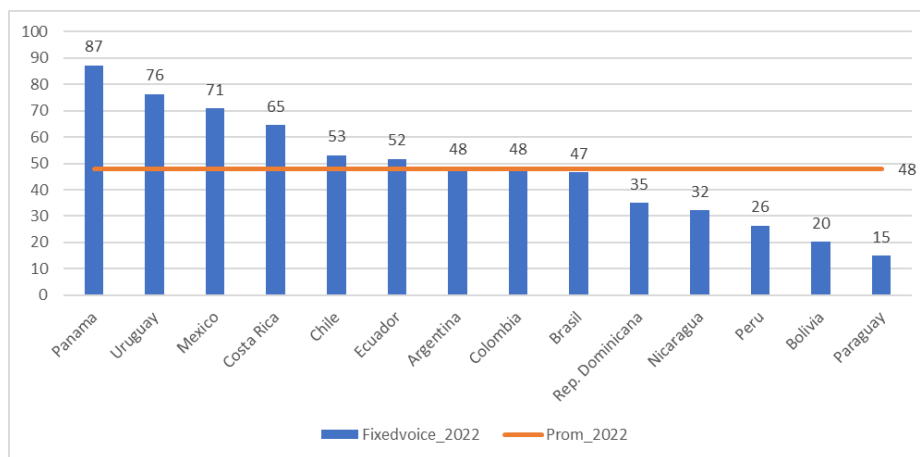
hogares. México ocupa la cuarta posición con una penetración de 70 accesos por cada 100. Por su parte, República Dominicana y Paraguay con penetraciones de 34 y 28 accesos acusan el mayor rezago. El promedio de la región es de 56 accesos de banda ancha fija por cada 100 hogares.

**Gráfica 1.** Penetración de accesos de banda ancha fija.



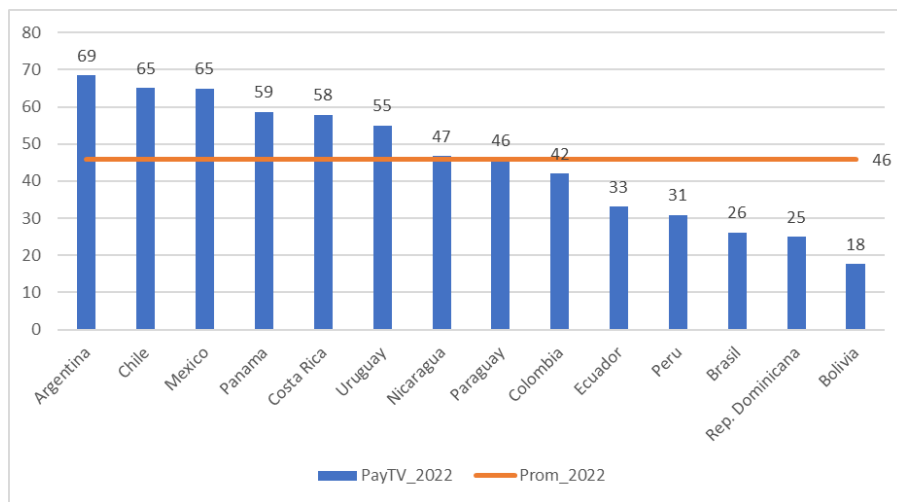
La Gráfica 2 muestra los datos al cuarto trimestre de 2022 de la variable de penetración de voz fija por hogares. Se observa que Panamá alcanza una penetración de 87 suscriptores por cada 100 hogares, seguido por Uruguay con 76 suscriptores por cada 100 hogares. Bolivia y Paraguay presentan los menores valores con 20 y 15 suscriptores por cada 100 hogares respectivamente; estos son los países con mayor rezago. México con 71 suscriptores por cada 100 hogares se encuentra en la tercera posición, por encima del promedio de la región, el cual asciende a 48 suscripciones por cada 100 hogares.

**Gráfica 2.** Penetración de voz fija



La variable de penetración de TV restringida por hogares se muestra en la Gráfica 3. La primera posición es ocupada por Argentina con una penetración de 69 suscripciones por cada 100 hogares, le sigue Chile con 65 suscripciones de TV restringida por cada 100 hogares. En el otro extremo se encuentran República Dominicana (25) y Bolivia (18). México con 65 suscripciones por cada 100 hogares, las mismas que Chile, comparte el segundo lugar con ese país y se encuentra por encima del promedio de la región el cual es de 46 suscripciones por cada 100 hogares.

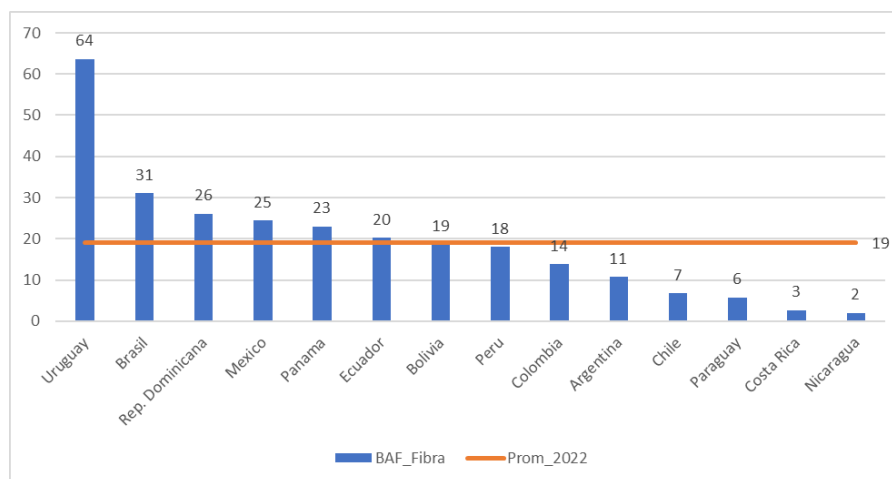
Gráfica 3. Penetración de TV restringida



En la Gráfica 4 se muestra el porcentaje de accesos de servicio fijo de Internet que se realiza por medio de fibra óptica. En este caso es Uruguay el país en donde el porcentaje es más alto con 64 por ciento. Después le sigue Brasil con 31 por ciento y República Dominicana con 26 por ciento. México se encuentra en la cuarta posición con el 25 por ciento de los accesos, por encima del promedio regional que es del 19 por ciento.



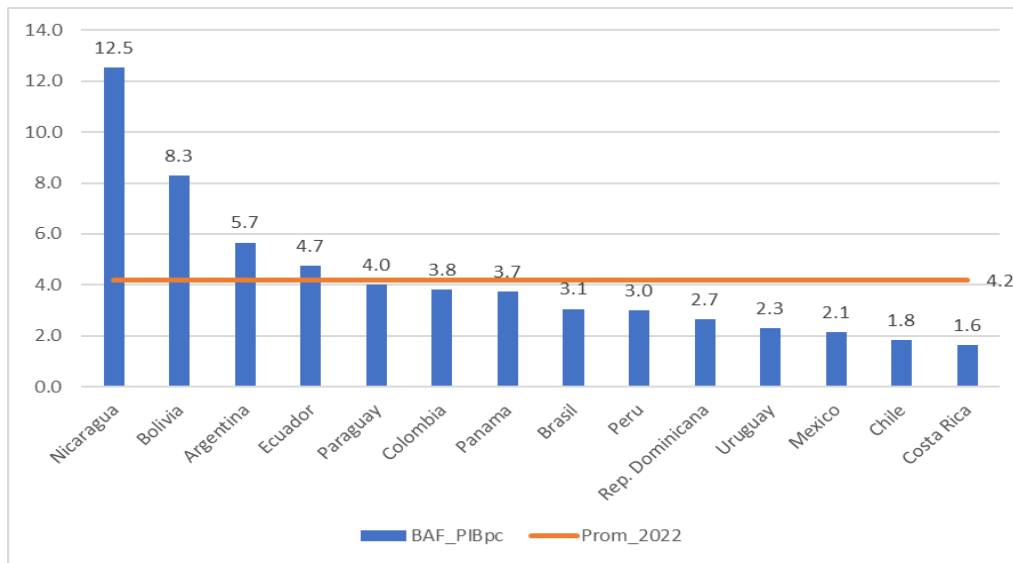
**Gráfica 4.** Porcentaje de accesos de servicio fijo de Internet por medio de fibra óptica



La variable de gasto en una canasta de servicios de banda ancha fija como porcentaje del PIB per cápita nos indica qué proporción de los ingresos son destinados a este tipo de servicios. A una mayor proporción, queda disponible un menor margen de ingresos para gastar en otros rubros. En función de lo anterior, se considera que una mayor proporción del gasto en servicios de banda ancha fija va en un sentido opuesto al del resto de indicadores utilizados en el Reporte, por lo cual se utiliza el inverso. En este sentido, la ONU estableció un umbral de gasto equivalente al 2 por ciento del ingreso total; cifras por encima de ese porcentaje conllevan para la población un reto en materia de asequibilidad. Así, en el caso de este indicador, los países con mayores valores son aquellos con precios más elevados, relativamente frente a sus ingresos. Esto es, de acuerdo con la gráfica los países con el porcentaje de gasto en servicios de banda ancha fija respecto del PIB per cápita relativamente mayor, son: Nicaragua con un 12.5 por ciento; en tanto que Bolivia con 8.3 por ciento y Argentina con 5.7 por ciento, se encuentran en la segunda y tercera posición. Por otra parte, Chile (1.8%), Costa Rica (1.6) y México (2.1%) reflejan la mejor situación relativa en materia de gasto.

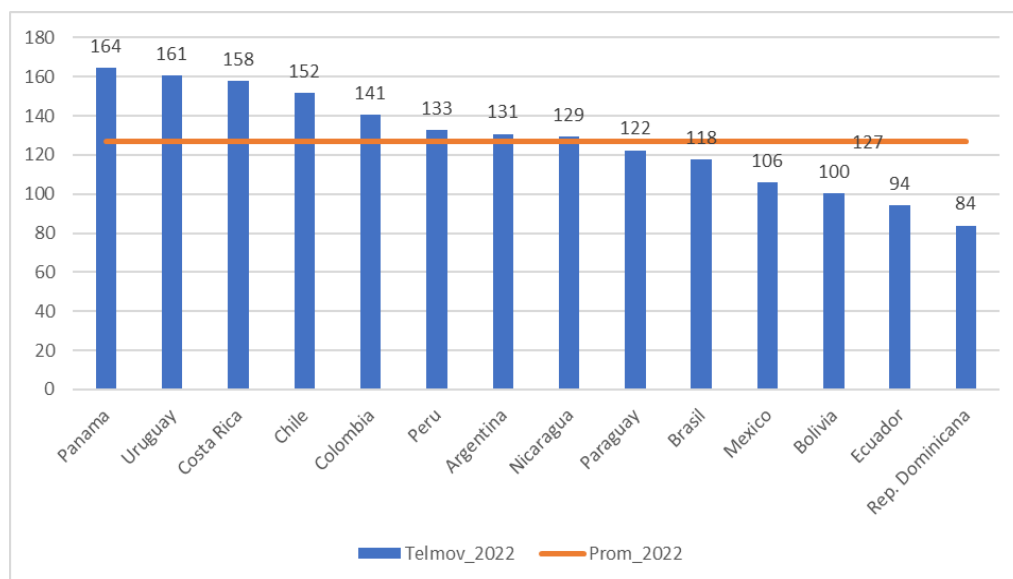
Cabe destacar que por las características de este indicador los ejercicios cuantitativos de estratificación e integración del IDD-IA se realizaron usando el inverso del valor del indicador.

**Gráfica 5.** Gasto en servicios de banda ancha fija como porcentaje del PIB per cápita



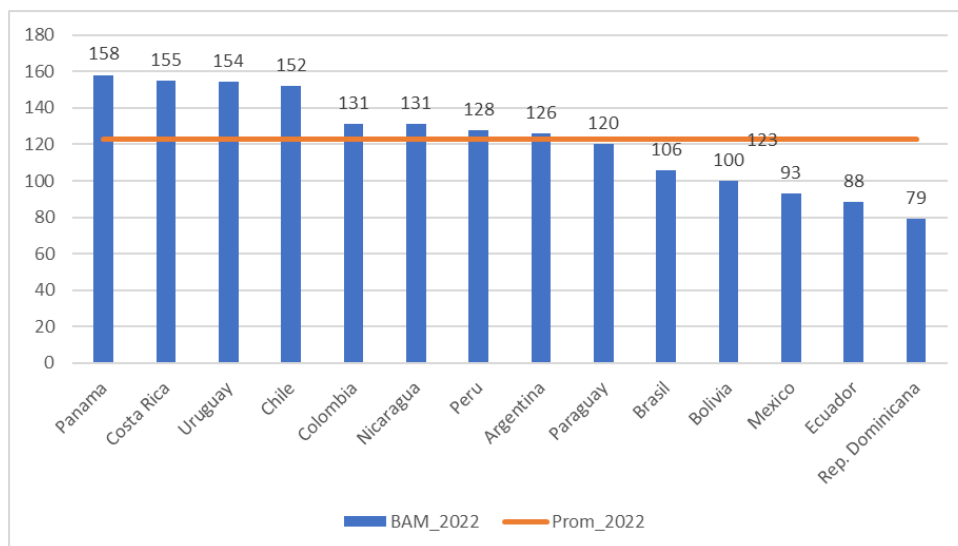
Los datos de teledensidad de líneas de telefonía móvil por cada 100 habitantes se muestran en la Gráfica 6. Panamá cuenta con la teledensidad más alta de la región con 164 líneas por cada 100 habitantes, le sigue Uruguay y Costa, con 161 y 158 líneas de telefonía móvil por cada 100 habitantes, respectivamente. México reporta 106 líneas por cada 100 habitantes. República Dominicana con 84 líneas por cada 100 habitantes muestra el mayor rezago de la región. El promedio de la región es de 127.

**Gráfica 6.** Teledensidad de líneas de telefonía móvil por cada 100 habitantes



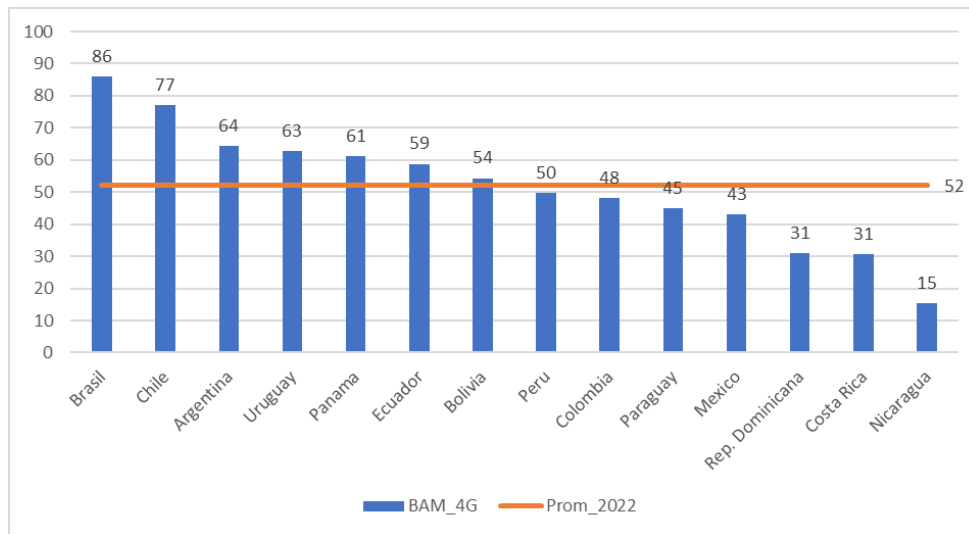
La Gráfica 7 muestra los datos de la variable de teledensidad de conexiones de banda ancha móvil por cada 100 habitantes. En este caso Panamá ocupa el primer lugar con 158 conexiones por cada 100 habitantes, seguido de Costa Rica y Uruguay con 155 y 154 conexiones de banda ancha móvil por cada 100 habitantes, respectivamente. En el extremo opuesto se encuentran Ecuador y República Dominicana con 88 y 79 conexiones por cada 100 habitantes, respectivamente. El promedio de la muestra de 14 países es de 123 conexiones de banda ancha móvil por cada 100 habitantes. México cuenta con 93 conexiones por cada 100 habitantes.

**Gráfica 7.** Teledensidad de conexiones de banda ancha móvil por cada 100 habitantes.



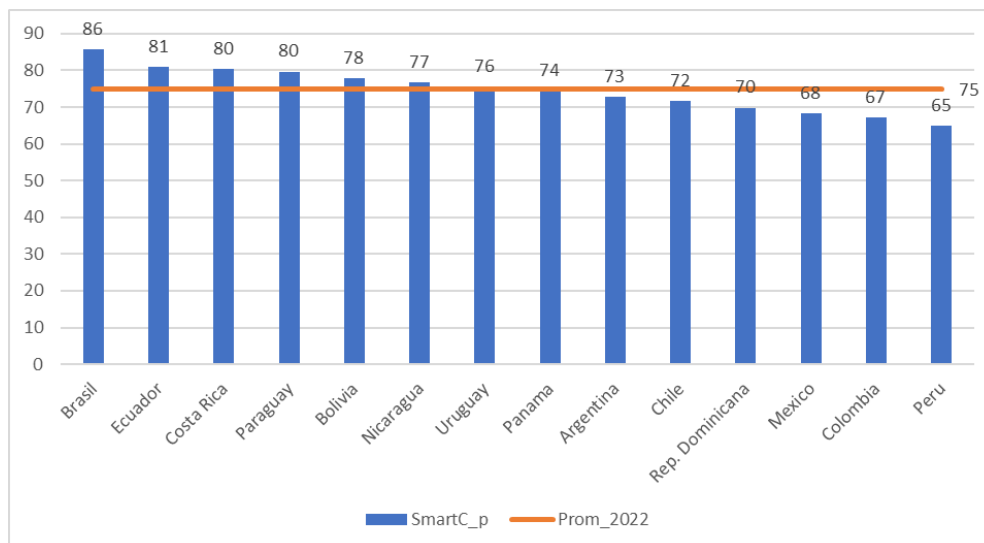
El porcentaje de conexiones de banda ancha móvil que cuentan con tecnología de red 4G se presenta en la Gráfica 8. Esta muestra a Brasil en el primer puesto con 86 por ciento, seguido de Chile con 77 por ciento; por su parte México presenta el 43 por ciento. Costa Rica (31%) y Nicaragua (15%) registran los porcentajes más bajos. Las redes 4G y 5G facilitan la utilización de otras tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial o el Big Data, que juntas tienen un impacto transversal en aspectos como la automatización de procesos industriales, el transporte inteligente y autónomo, la tele-educación, la tele-medicina, el entretenimiento a través de realidad virtual y realidad aumentada, el gobierno y el comercio electrónicos, entre muchas otras aplicaciones. Cabe destacar que actualmente se inicia ya en algunos países el despliegue de redes de 5G, incluyendo a México.

**Gráfica 8.** Porcentaje de conexiones de Banda Ancha Móvil con tecnología de red 4G



La Gráfica 9 presenta el porcentaje de conexiones de telefonía móvil que se realiza con smartphone respecto del total de dispositivos. Brasil y Ecuador presentan los porcentajes más elevados con 86 y 81 por ciento, respectivamente. México tiene un porcentaje del 68 por ciento, cifra por debajo del promedio de la región que es de 75 por ciento.

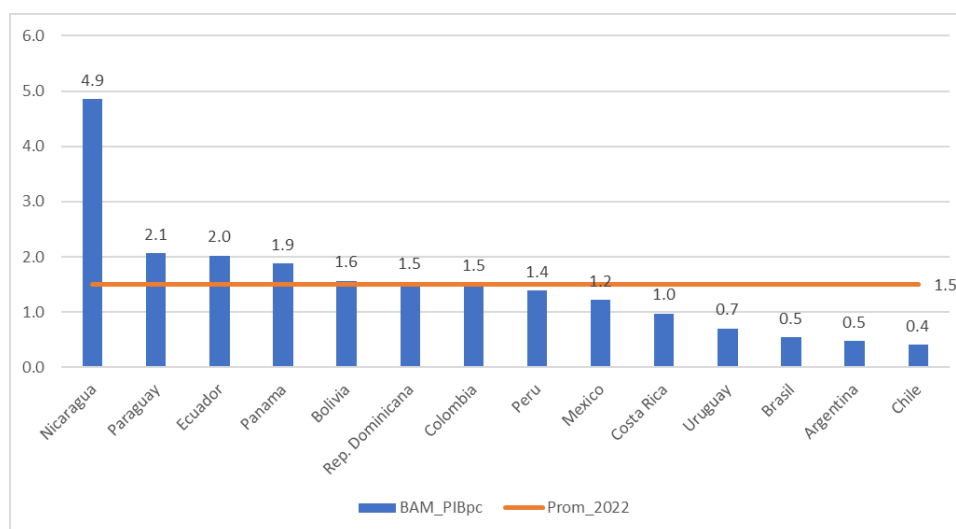
**Gráfica 9.** Porcentaje de conexiones de telefonía móvil que se realizan con smartphone respecto del total de dispositivos



La variable del gasto en una canasta de servicios de banda ancha móvil como porcentaje del PIB per cápita nos indica qué proporción de los ingresos son destinados a este tipo de servicios. Al igual que en el caso del gasto en la canasta de servicios fijos, a una mayor proporción, queda disponible un menor margen de ingresos para gastar en otros rubros. En este sentido, de acuerdo con la gráfica 10, los países que se encuentran en las primeras posiciones son aquellos en donde la proporción del gasto en servicios de banda ancha fija respecto del PIB per cápita es mayor. En este caso, Nicaragua es el que presenta un mayor porcentaje de gasto respecto a su PIB per cápita (4.9%); le sigue Paraguay con 2.1. México presenta una proporción de 1.2. Por otra parte, Argentina (0.5) y Chile (0.4) destacan por su bajo porcentaje de gasto.

En función de lo anteriormente señalado, se considera que una mayor proporción del gasto en servicios de banda ancha móvil va en un sentido opuesto al del resto de indicadores utilizados en el Reporte, por lo cual se utiliza el inverso del indicador en la estimación del IDD-IA y la estratificación.

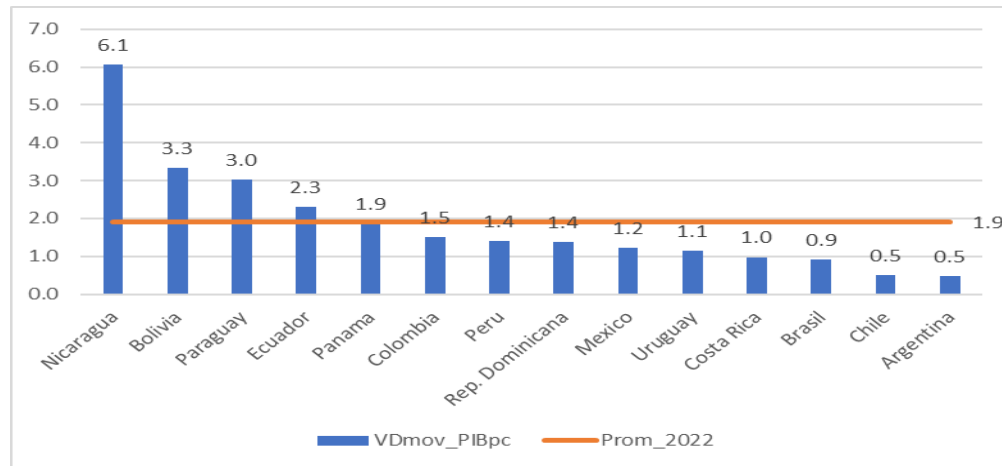
**Gráfica 10.** Gasto en servicios de banda ancha móvil como por ciento del PIB per cápita



La Gráfica 11 muestra el gasto en datos y voz móviles como porcentaje del PIB per cápita. Cabe señalar de nueva cuenta que para fines del IDD-IA y la estratificación que se realiza en las siguientes secciones se utiliza el inverso de la variable original puesto que dicha variable corre en sentido opuesto que el resto de los indicadores. Es decir, nuevamente, a mayor proporción de gasto en estos servicios, menor margen de ingresos restantes para gastar en otros rubros. En este sentido, Nicaragua presenta el mayor reto con 6.1 por ciento, seguido de Bolivia con 3.3.

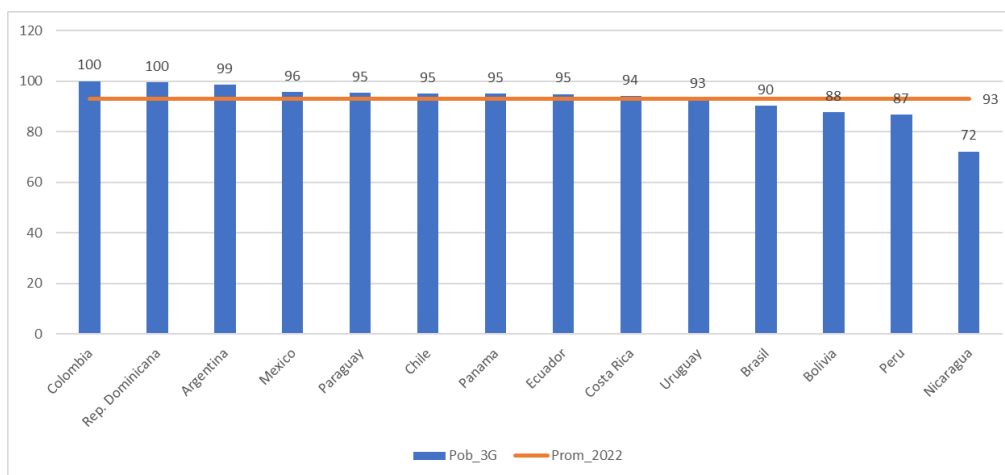
México presenta una proporción de 1.2. Los últimos lugares los ocupan Chile (0.5%) y Argentina (0.5%).

**Gráfica 11.** Gasto en datos y voz móviles como por ciento del PIB per cápita



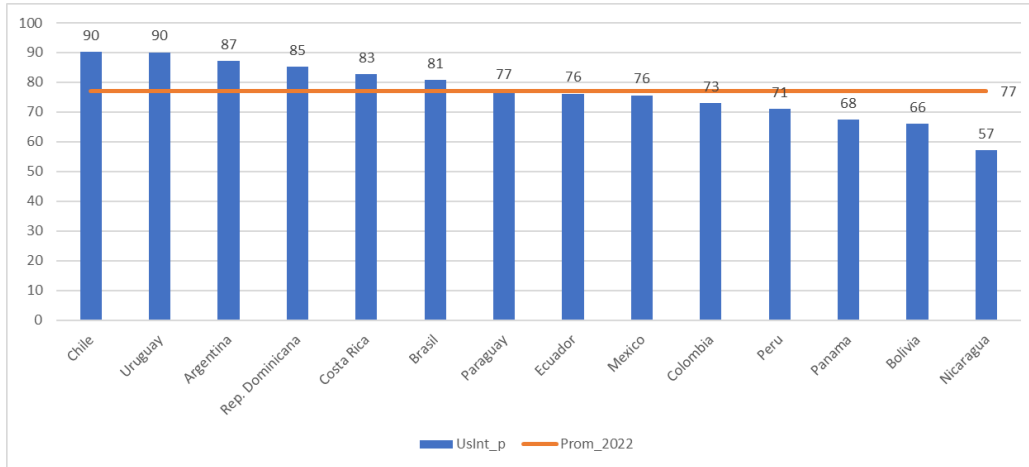
La Gráfica 12 muestra el porcentaje de población cubierta por al menos tecnología de red 3G en cada uno de los 14 países de la muestra. Colombia y República Dominicana presentan un porcentaje de 100, mientras que Argentina con 99 por ciento y México con 96 por ciento copan los primeros lugares. Perú con 87 por ciento y Nicaragua con 72 por ciento son los países con más rezago.

**Gráfica 12.** Porcentaje de población cubierta por al menos tecnología de red 3G



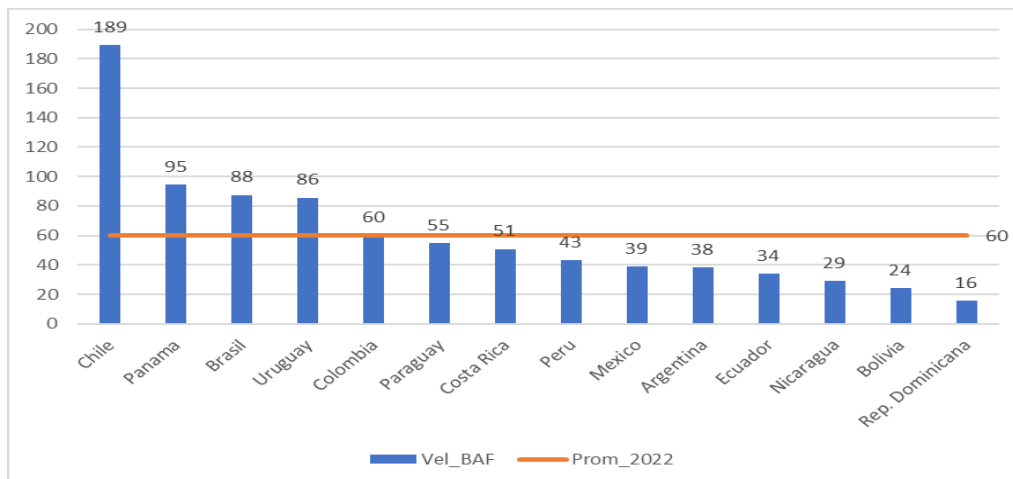
El porcentaje de población que utiliza Internet queda plasmado en la Gráfica 13. En este caso Chile y Uruguay se encuentran en las primeras posiciones con el 90 por ciento; en tanto que México tiene un porcentaje de 76, ligeramente debajo del promedio de la región del 77 por ciento. Bolivia con 66 por ciento y Nicaragua con 57 por ciento se encuentran en las posiciones finales.

**Gráfica 13.** Porcentaje de población que utiliza Internet



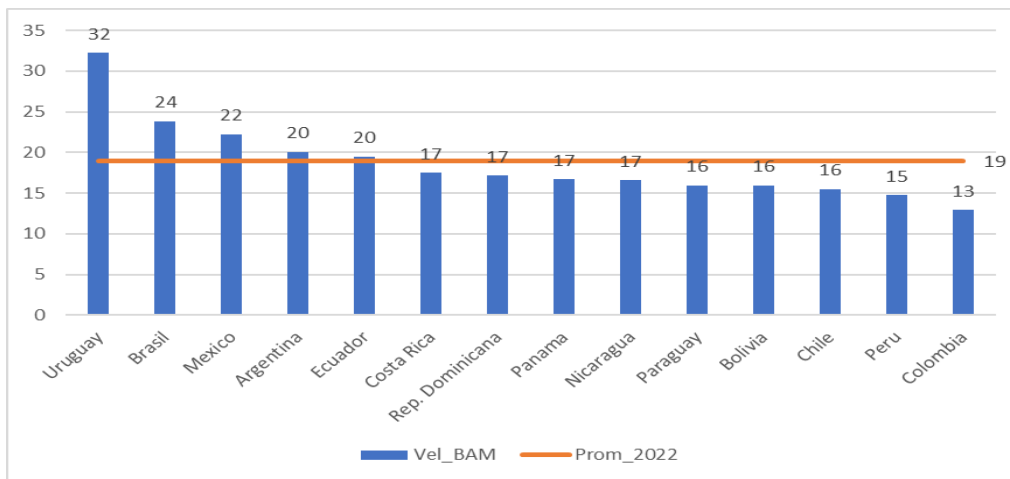
La Gráfica 14 presenta un indicador de calidad en el servicio de Internet, la velocidad de descarga de la banda ancha fija en megabits por segundo (Mbps). Chile presenta la velocidad más elevada con 189 Mbps, seguido de Panamá y Brasil con 95 y 88 Mbps, respectivamente. México presenta una velocidad de 39 Mbps. El promedio de la muestra de 14 países es de 60 Mbps.

**Gráfica 14.** Velocidad de descarga de banda ancha fija en Mbps



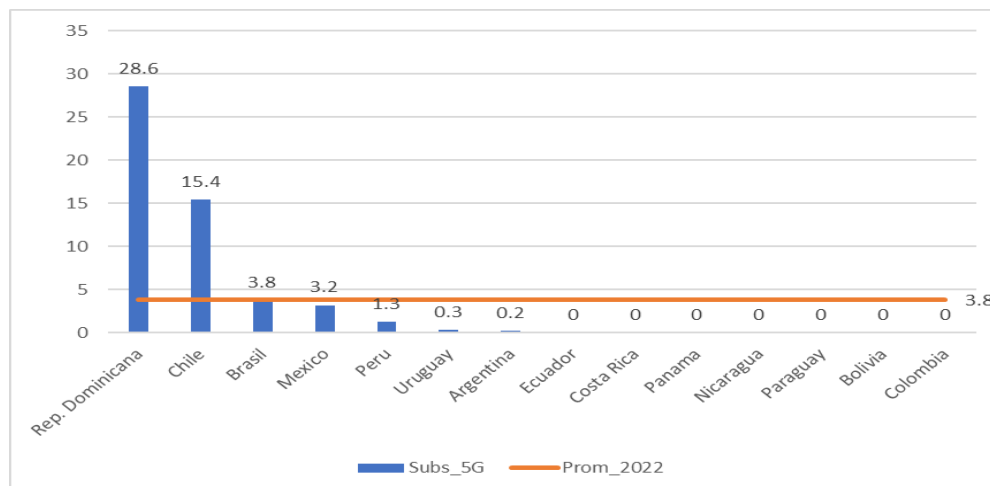
En la Gráfica 15 se muestra otro indicador de calidad: la velocidad de descarga en Mbps para la banda ancha móvil. En este caso, México destaca con un valor promedio de 22 Mbps, solo atrás de Uruguay que ocupa el primer sitio con 32 Mbps, y Brasil en el segundo, con 24 Mbps. El promedio para los 14 países es de 19 Mbps.

**Gráfica 15.** Velocidad de descarga de banda ancha móvil en Mbps



La Gráfica 16 representa el porcentaje de suscripciones a tecnología de red 5G. El avance a la nueva tecnología de red 5G en los países de la región es aún incipiente; sin embargo, en países como República Dominicana (28.6%) y Chile (15.4%) ya muestra algún avance relevante. El promedio de la región apenas alcanza el 3.8 por ciento, en tanto que México se ubica ligeramente debajo de la media con 3.2 por ciento.

**Gráfica 16.** Porcentaje de suscripciones a tecnología de red 5G

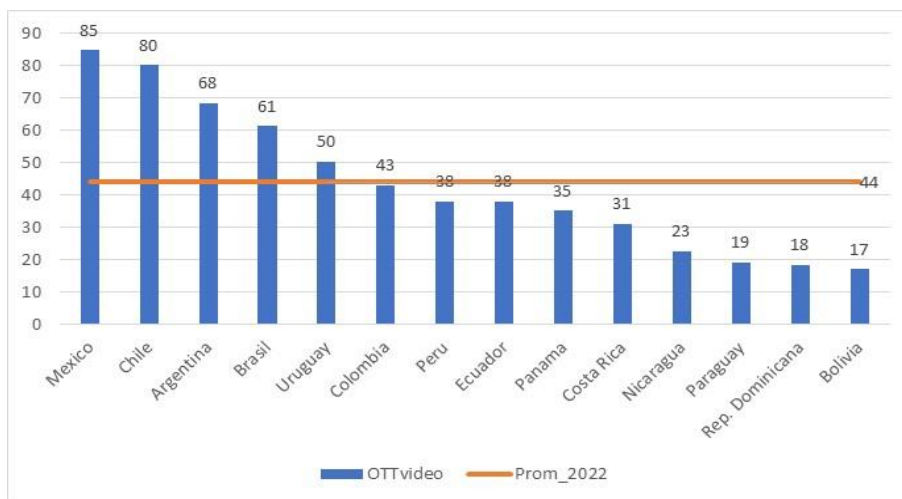




La penetración de video OTT se muestra en la Gráfica 17. De acuerdo con estas cifras, México con 85 suscripciones por cada 100 hogares cuenta con la mayor penetración en la región. En el caso mexicano, los servicios OTT se han impulsado a través de una serie de estrategias comerciales que algunos operadores han realizado. A raíz de la pandemia, el consumo de servicios de video OTT ha aumentado con tasas de crecimiento trimestral de hasta doble dígito, debido a la agregación de estos servicios y la simplificación de la experiencia del consumidor. Los operadores de televisión restringida han integrado estos servicios a sus ofertas, medida que se ha acelerado sobre todo en operadores que también ofrecen servicios de Internet, así como de servicios de transmisión de video bajo la marca de los propios operadores.<sup>13</sup>

Chile con 80 se encuentra en la segunda posición. En el otro extremo están República Dominicana y Bolivia con 18 y 17 suscripciones por cada 100 hogares, respectivamente. El promedio de la región es de 44 suscripciones por cada 100 hogares.

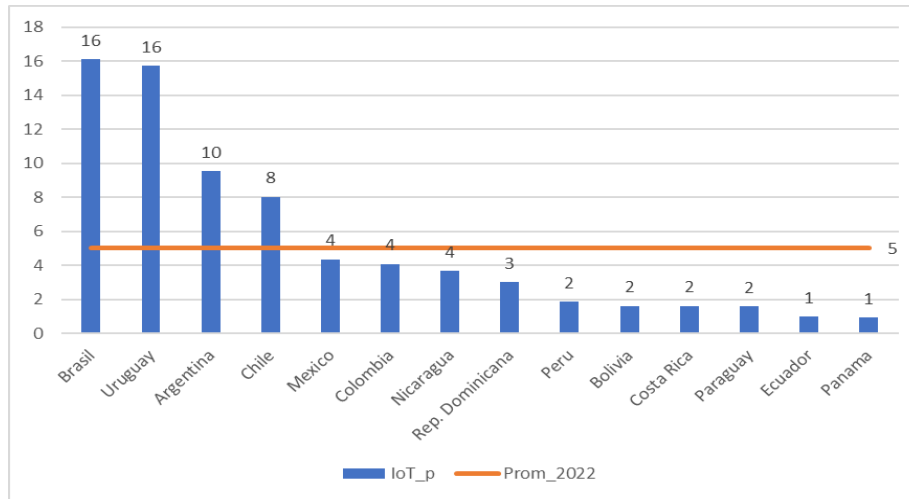
Gráfica 17. Penetración de OTT video



En la Gráfica 18 se presenta un indicador de adopción digital: conexiones activas de Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) por cada 100 habitantes. En este caso Brasil y Uruguay comparten el primer sitio con una penetración de 16 conexiones activas por cada 100 habitantes. México se encuentra en la quinta posición con 4 conexiones activas por cada 100 habitantes. En tanto que Ecuador y Panamá cuentan con 1 suscripción por cada 100 habitantes. El promedio de la región es de 5 conexiones activas por cada 100 habitantes.

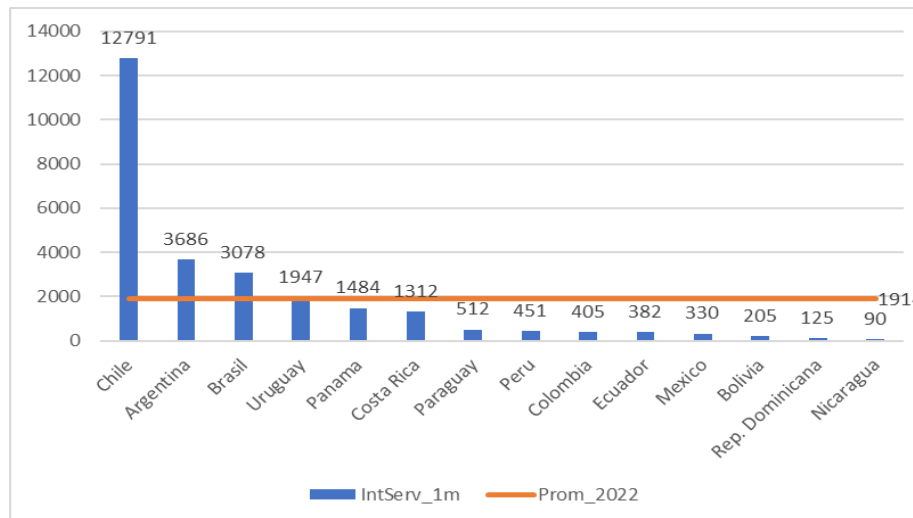
<sup>13</sup> Véase: IFT, 2022. Pronósticos de los servicios de telecomunicaciones.

**Gráfica 18.** Conexiones activas de IoT por cada 100 habitantes



El número de servidores de Internet por cada millón de habitantes se presenta en la Gráfica 19. En este caso es Chile el país con más servidores por cada millón de habitantes con 12,791. Le siguen Argentina con 3,686 y Brasil con 3,078. México con 330 servidores se encuentra por debajo de la media de la región la cual es de 1,914 servidores por cada millón de habitantes.

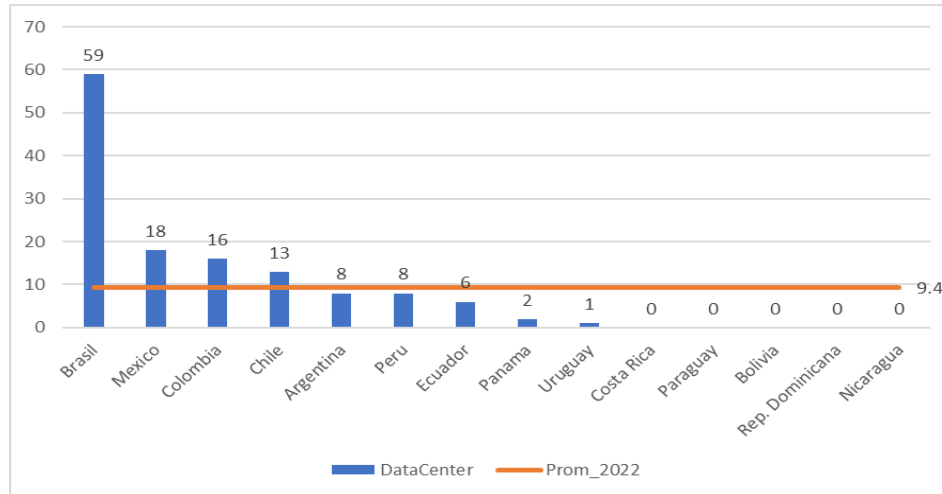
**Gráfica 19.** Servidores de Internet por cada millón de habitantes



El número de data centers en cada país es un dato relevante puesto que se trata de áreas en las cuales se alojan y mantienen diversos sistemas de tecnología de la información y almacenes de datos, los cuales pueden contener mainframes,

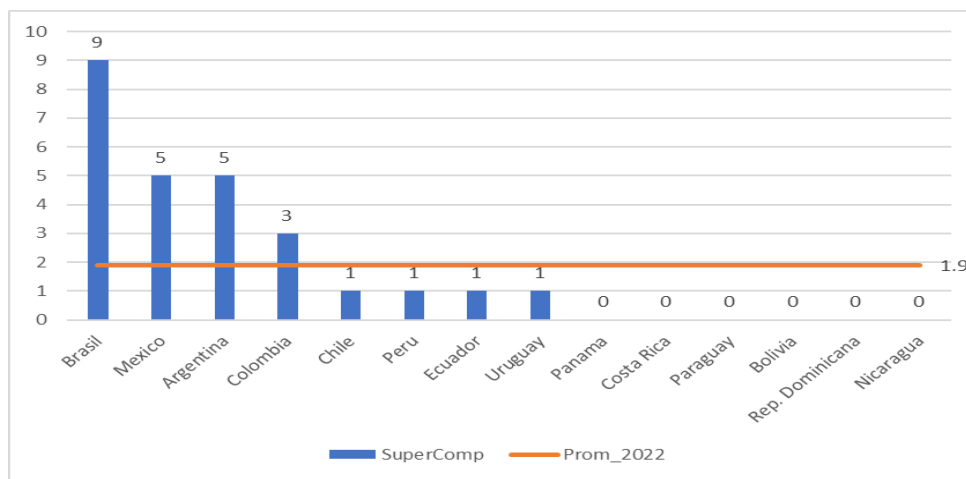
servidores y bases de datos. Brasil lidera esta estadística con 59 data centers, seguido de México con 18 data centers. El promedio de la región es de 9.4 data centers por país.

**Gráfica 20.** Número de data centers



El número de supercomputadoras por país es un indicador de la capacidad de cómputo de gran relevancia para el desarrollo de la inteligencia artificial. Asimismo, éstas se utilizan para resolver problemas complejos, que requieren mucho tiempo y capacidad para hallar su solución en un laboratorio o computadora normal; y que son de interés para la ciencia, tecnología, salud, la economía o alguna área del conocimiento. En este sentido, Brasil es líder en la región con 9 supercomputadoras, seguido de México y Argentina con 5 cada uno. La mayor parte de los países de la muestra dispone de una supercomputadora o de ninguna.

**Gráfica 21.** Número de supercomputadoras



## Determinación de agrupamientos en función de los veintiún indicadores de telecomunicaciones.

Para integrar los grupos o clústeres de países con un avance similar en cuanto a su equipamiento, conectividad, adopción digital y cómputo, tomando en cuenta los veintiún indicadores de telecomunicaciones descritos en el Cuadro 1, se usa la técnica jerárquica conocida como el método Ward<sup>14</sup>. La técnica permite identificar los países que son relativamente homogéneos entre sí, con base en la disponibilidad actual de los veintiún indicadores de telecomunicaciones de manera simultánea, formando grupos integrados por países con la mayor similitud entre sí, pero diferentes respecto a otros grupos definidos. Para una mayor descripción véase el Anexo Metodológico al final del documento.

A partir de este ejercicio estadístico, se definieron cuatro grupos o clústeres como el número óptimo a considerar. Para llegar a esta conclusión se utiliza una gráfica conocida como screeplot la cual se muestra en el Anexo Metodológico. La idea consiste en que aquella parte de la gráfica en donde se muestre un quiebre será un indicativo de que la calidad del modelo comienza a aumentar de manera más lenta conforme aumenta el número de clústeres. Es decir, la calidad del modelo ya no se incrementará de manera sustancial conforme aumenta su complejidad (i.e. el número de clústeres).

Los agrupamientos integrados a partir de los veintiún indicadores de los 14 países se reportan en el Cuadro siguiente:

**Cuadro 2.** Países según agrupamiento o clúster

Agrupamiento	Países
1	Chile
2	Argentina, Brasil, México, Uruguay
3	República Dominicana
4	Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú

La metodología empleada permite establecer que en estos cuatro clústeres de países los miembros de cada grupo exhiben niveles similares de equipamiento de servicios de telecomunicaciones fijas y móviles, de conectividad y de adopción digital.

<sup>14</sup> El segundo método se trata de una técnica jerárquica conocida como método Ward. La idea de esta técnica es que aquellas naciones que comparten características semejantes estarán juntas en un mismo grupo, y a su vez, separadas de los otros grupos definidos.

Así, por ejemplo, México comparte un nivel de desarrollo en telecomunicaciones similar a Argentina, Brasil y Uruguay considerando el agregado de los indicadores; pero no así con Bolivia o República Dominicana. Cabe destacar que la técnica de agrupamiento permite integrar en grupos a los países con niveles similares de avance o rezago, pero no dan un orden o ranking.

Para ordenar los agrupamientos en cuanto al nivel de desarrollo alcanzado con base en los indicadores elegidos, se construye un IDD-IA. Para ello se utiliza la técnica de análisis de componentes principales<sup>15</sup>, la cual es de gran utilidad cuando se trabaja con bases de datos multivariadas, como lo es este caso. El análisis de los componentes principales permite observar en un solo índice la estructura de los veintiún indicadores en su totalidad. La matemática subyacente al tema del análisis de los componentes principales es compleja, por lo tanto, no se aborda en el presente documento<sup>16</sup>, pero la esencia es la siguiente: se cuenta con un conjunto de datos con muchos indicadores o variables; es decir, multivariado, el cual es simplificado convirtiendo a las variables originales en un número menor de “componentes principales”. Es así como los componentes principales representan la estructura subyacente de los datos<sup>17</sup>. En función de lo anterior, el diseño del IDD-IA conlleva la aplicación de ponderadores a cada una de las cuatro dimensiones definidas (ver Cuadro 1), para después construir el índice agregando los resultados. En este sentido, a las dimensiones de servicios fijos y servicios móviles se les asignó una ponderación del 30 por ciento; en tanto que a las dimensiones de conectividad y adopción digital y cómputo del 20 por ciento cada uno. Para mayor detalle véase el Anexo Metodológico al final del documento.

El índice toma un mayor valor en la medida que el nivel relativo de cada país es más elevado. Si el índice obtenido por alguno de los 14 países presenta un signo negativo, esto sugiere un nivel promedio inferior a la media de los 14 países de la muestra al considerar los veintiún indicadores de manera conjunta.

El IDD-IA se presenta en el Cuadro 3, en el que también se incluyen los valores para cada una de las cuatro dimensiones que ponderadas integran el mismo. Tal y como se puede observar Chile reporta el IDD-IA más elevado con un índice de 2.54; sin embargo, Chile no lidera en todas y cada una de las cuatro dimensiones. Por ejemplo, para la dimensión 1, servicios fijos, Uruguay (2.31) y México (2.08) reportan mejores resultados que Chile (1.90). En el IDD-IA a Chile le siguen Uruguay (1.68) y

<sup>15</sup> Peña, D., 2002. Análisis de Datos Multivariantes, McGraw Hill.

<sup>16</sup> *Ibidem*

<sup>17</sup> Los componentes principales determinan la dirección o direcciones hacia la cual se encuentra la mayor varianza de los datos considerados. Por tanto, lo que se trata es de encontrar la línea recta que mejor se extienda a través de los datos al momento de ser proyectada. Este sería el primer componente principal. Para mayor explicación, véase: Peña, D., 2002. Análisis de Datos Multivariantes, McGraw Hill.

Brasil (1.32). México se ubica en quinto lugar de desarrollo digital con índice de 0.61. Por su parte, los países peor posicionados son Bolivia (-1.90) y Nicaragua (-1.93).

**Cuadro 3.** Estimación del IDD-IA

País	Dim.1 Serv. Fijos (30%)	Dim.2 Serv. Móviles (30%)	Dim. 3 Conectividad (20%)	Dim. 4 Cómputo (20%)	IDD-IA
Chile	1.90	3.50	2.65	1.92	2.54
Uruguay	2.31	1.48	2.08	0.65	1.68
Brasil	-0.21	1.09	1.00	4.26	1.32
Argentina	0.52	2.49	0.38	1.62	1.30
México	2.08	-0.95	-0.08	1.46	0.61
Costa Rica	2.15	0.56	-0.01	-1.24	0.56
Panamá	0.95	0.57	-0.58	-1.16	0.11
Colombia	-0.19	0.12	-0.93	0.16	-0.18
Ecuador	-0.65	-1.49	-0.45	-0.89	-0.91
Perú	-1.46	-0.39	-1.04	-0.73	-0.91
Rep. Dominicana	-1.10	-1.82	1.12	-1.52	-0.96
Paraguay	-2.05	-1.06	-0.47	-1.56	-1.34
Bolivia	-2.60	-1.58	-1.58	-1.63	-1.90
Nicaragua	-1.65	-2.50	-2.08	-1.34	-1.93

Los agrupamientos de países una vez ordenados por medio del IDD-IA se muestran en el Cuadro 4. El resultado indica que el clúster formado exclusivamente por Chile presenta el IDD-IA más alto de los cuatro grupos, el cual es igual a 2.06. Esta cifra revela que Chile es el país que ha alcanzado, en lo general, un mayor avance relativo en materia de desarrollo digital e inteligencia artificial. En el caso del clúster que conforman Argentina, Brasil, México y Uruguay este grupo obtiene un índice igual a 1.25, en un segundo nivel de avance respecto a las veintiún variables en su conjunto. Por otra parte, en un tercer nivel de avance, el clúster integrado por la República Dominicana obtiene un índice de -0.96. Finalmente, el grupo formado por Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Nicaragua, Panamá, Paraguay y Perú presenta el mayor rezago, con un IDD-IA promedio de -6.5. Los países que conforman este grupo se encuentran en muchas ocasiones por debajo de la media regional en la mayoría de los veintiún indicadores de telecomunicaciones, y acusan un rezago con respecto a los países mejor equipados de la región.

Aunado a lo anterior, el análisis se enriquece si se toma en consideración un indicador del nivel de bienestar social de la población. Específicamente se emplea

en este reporte el Índice de Desarrollo Humano del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo<sup>18</sup> (IDH, por sus siglas), el cual mide el nivel de desarrollo de cada país atendiendo a variables como la esperanza de vida, la educación o el ingreso per cápita.

Para cada agrupamiento se obtiene el promedio del IDH de los países que integran a cada clúster (ver Cuadro 4). El primer clúster con Chile tiene un IDH igual a 0.847. Por su parte, el segundo clúster que conforman Argentina, Brasil, México y Uruguay, tiene un IDH promedio igual a 0.790. El tercer clúster solamente incluye a la República Dominicana, y su IDH es de 0.767. Finalmente, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Nicaragua, Panamá, Paraguay y Perú conforman el cuarto clúster con un IDH promedio de 0.743.

En suma, se observa que los países que en general presentan los mejores indicadores de avance en las telecomunicaciones también presentan un mayor desarrollo humano.

**Cuadro 4.** Clústeres de países e IDD-IA

Agrupamiento y nivel de desarrollo en telecomunicaciones		Clústeres	IDD-IA	IDH
1	Alto	Chile	2.06	0.855
2	Medio alto	Argentina, Brasil, <b>México</b> , Uruguay	1.25	0.790
3	Medio	República Dominicana	-0.96	0.767
4	Bajo	Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú	-6.5	0.743

## Conclusiones

El presente Reporte permite obtener una perspectiva del desarrollo relativo de México respecto a otros países de la región de América Latina en materia de telecomunicaciones. Lo anterior, mediante un análisis de veintiún indicadores de telecomunicaciones de adopción digital, conectividad, servicios fijos y servicios móviles.

<sup>18</sup> <http://hdr.undp.org/en/content/2019-human-development-index-ranking>

Para este objetivo es que se utiliza una técnica de agrupamiento de clústeres: el método Ward. El uso de esta técnica genera resultados robustos. Aunado a ello, se opta por seleccionar cuatro clústeres o agrupamientos.

El reporte permite establecer que México ha alcanzado un nivel de desarrollo de las telecomunicaciones más elevado que el promedio de América Latina. Se posiciona en un segundo grupo de desarrollo, junto con Argentina, Brasil, y Uruguay; y sólo después de Chile, que es el país que presenta un mayor avance.

Específicamente en el caso de Chile en los últimos años se ha desplegado un programa robusto para aumentar la penetración de las tecnologías móviles y el despliegue de redes de banda ancha fija de alta velocidad a través de distintas iniciativas como son los proyectos Fibra Óptica Austral<sup>19</sup> y Fibra Óptica Nacional<sup>20</sup>, buscando mejorar el acceso a conectividad a más de 3.5 millones de usuarios. Por su parte, Argentina, por medio de ARSAT, ha desplegado 34.500 kilómetros de fibra óptica a lo largo y ancho del país<sup>21</sup>. En tanto que, en Brasil, la Agencia Nacional de Telecomunicaciones (ANATEL) comunicó en septiembre de 2022 que Claro construirá al menos 730 km de red de transporte de fibra óptica en municipios y localidades de Brasil que no cuentan con la tecnología, debido a la transacción con Nextel y Primesys<sup>22</sup>.

De estos modo, el reporte permite inferir que existe una elevada correlación entre el nivel de vida de la población y el avance tecnológico reportado.

La creciente importancia de las telecomunicaciones en las actividades económicas y en el nivel de vida de las personas hace imperativo cerrar la brecha en el equipamiento de los servicios de telecomunicaciones en México.

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio se recomienda continuar el diseño de políticas públicas y regulación para impulsar en México una mayor penetración de los servicios.

<sup>19</sup> <https://fibraopticaaustral.cl/>

<sup>20</sup> <https://www.wom.cl/fibra-optica-nacional/>

<sup>21</sup> <https://www.arsat.com.ar/red-federal-de-fibra-optica/>

<sup>22</sup> <https://dplnews.com/claro-brasil-construira-730-km-de-fibra-optica-en-municipios-desatendidos/>



# ANEXO METODOLÓGICO

## Aplicación de técnicas de agrupamiento a variables de telecomunicaciones de países de América Latina.

El objetivo del presente trabajo es identificar las similitudes o disimilitudes que guardan 14 países de América Latina, incluyendo a México, con respecto al acceso, adopción digital, penetración y conectividad de los diferentes servicios de telecomunicaciones. Para la consecución de este objetivo se aplicó una técnica de agrupamiento conocida como el método Ward, el cual utiliza una técnica jerárquica que se representa gráficamente mediante un dendograma<sup>23</sup>. Esta es una técnica de análisis de clúster y consiste en integrar casos en grupos homogéneos de acuerdo con sus similitudes.

Para aplicar la técnica de clúster se estandarizan los datos, por lo que para cada variable se calcula la media y la desviación estándar de cada serie de datos; posteriormente, se resta a cada observación la media y se divide entre la desviación estándar de esa variable<sup>24</sup>. Una vez hecho lo anterior, el primer paso consiste en calcular la Suma de Cuadrados al interior de los Grupos (Sum of Squares Within Groups o SSW por sus siglas en inglés) para los grupos. Posteriormente se grafica la SSW con respecto al número de grupos para minimizar la SSW. A este tipo de gráfica se le conoce como *Screeplot* (Gráfica A1), y permite determinar, de una forma visual, el número de clústeres óptimo a utilizar. La regla consiste en observar en qué parte se rompe la estructura de la curva para volverse cada vez más plana. Una vez que se tiene el número de clústeres se procede al agrupamiento de los países.

## Metodología y Análisis de clústeres.

En esta sección se presenta el análisis de clúster que es utilizado en este reporte analítico, iniciando con un gráfico *Screeplot*<sup>25</sup> (Gráfica A1) el cual es de utilidad

<sup>23</sup> Dendograma. Gráfico que muestra en qué orden se han unido los clústeres y cuál es el grado de proximidad que tienen los mismos. Tan, P.-N., Steinbach, M., and Kumar, V. *Introduction to Data Mining*. Addison-Wesley, 2006.

<sup>24</sup>  $\frac{(x_i - \bar{x})}{\text{Std.Dev.}(x)}$

<sup>25</sup> *Screeplot*. Diagrama en el cual se grafican los eigenvalores de los factores o de los componentes principales. Se utiliza para determinar el número de factores o componentes principales a mantener. Tan, P.-N., Steinbach, M., and Kumar, V. *Introduction to Data Mining*. Addison-Wesley, 2006.

para determinar el número de grupos a utilizar. La forma de interpretar la gráfica Screeplot<sup>26</sup> consiste en observar en qué parte se rompe la curva formándose una especie de “codo”, lo cual es indicativo de que la calidad del modelo no se incrementa conforme van aumentando la cantidad de clústeres. Es así como la gráfica sugiere trabajar con cuatro clústeres, tal y como lo señala el círculo de color rojo que se observa en la gráfica.

Una vez determinado el número de clústeres con el cual se va a trabajar se inicia con la aplicación de un método jerárquico conocido como el método Ward<sup>27</sup>. Este método construye una estructura conocida como dendograma, en la cual se muestra en qué orden se han unido los clústeres y cuál es su grado de proximidad. En este sentido se obtienen dos dendogramas para cada clúster en virtud de que utilizamos dos tipos de distancias en el algoritmo para darle robustez a los resultados: la Euclidiana y la Manhattan. Por una parte, la distancia Euclidiana se refiere a que la distancia más corta que une a dos puntos es una línea recta; en tanto que la distancia Manhattan consiste en que la distancia más corta viene dada por la suma de los dos catetos de un triángulo rectángulo<sup>28</sup>. Los resultados con cuatro clústeres al utilizar el método Ward se observan en las Gráficas A2 y A3.

Los resultados se resumen en el Cuadro A1. El ejercicio estadístico completo considera que cuatro es el número óptimo de *clústeres* a considerar, así como la distancia Euclidiana.

Gráfica A1. Screeplot

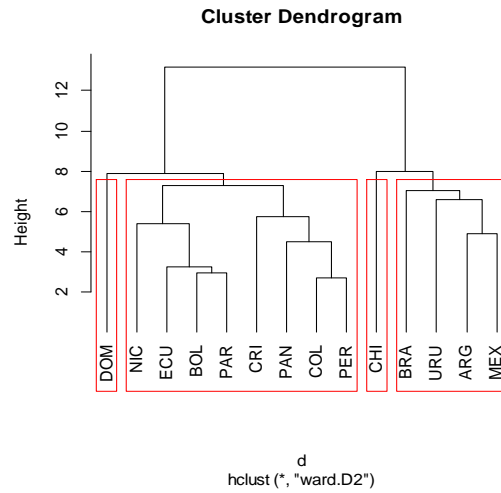


<sup>26</sup> <https://campus.datacamp.com/courses/unsupervised-learning-in-r>

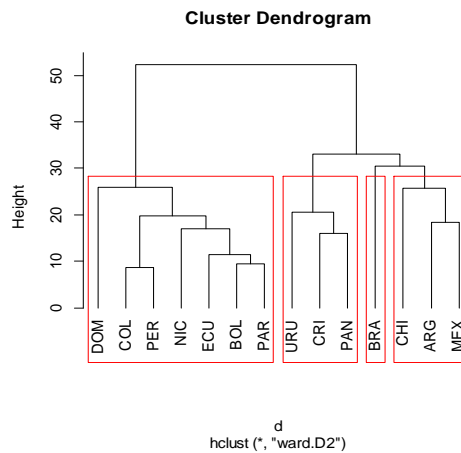
<sup>27</sup> Peña, D., 2002. Análisis de Datos Multivariantes, McGraw Hill.

<sup>28</sup> <https://xlinux.nist.gov/dads/HTML/manhattanDistance.html>

### Gráfica A2. Método Ward. Dendrograma-Distancia Euclidiana con cuatro Clústeres



### Gráfica A3. Método Ward. Dendrograma-Distancia Manhattan con cuatro Clústeres



**Cuadro A1.** Resultados para cuatro agrupamientos según Metodología de Clústers

Método Ward	
Distancia Euclidiana	Distancia Manhattan
Chile	Argentina, Chile, México
Argentina, Brasil, México, Uruguay	Brasil
Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú	Costa Rica, Panamá, Uruguay
Rep. Dominicana	Bolivia, Colombia, Ecuador, Nicaragua, Paraguay, Perú, Rep. Dominicana

## Metodología aplicada al diseño del índice de desarrollo digital e inteligencia artificial.

El diseño del IDD-IA conlleva la aplicación de la técnica de los componentes principales<sup>29</sup>, la cual es de gran utilidad cuando se trabaja con bases de datos multivariadas, como lo es en este caso. El análisis de los componentes principales va a permitir observar la “forma” de los datos en su totalidad.

En suma, los componentes principales son un tipo de transformación lineal de un set de datos, el cual ajusta dichos datos a un nuevo sistema de coordenadas, de tal forma que la parte más significativa de la varianza se encuentra en la primera coordenada, y cada coordenada subsecuente es ortogonal a la anterior y tiene una menor varianza. De esta forma, lo que se hace es transformar a un set de  $x$  variables correlacionadas sobre  $y$  sujetos (en este caso los 14 países) en un set de  $p$  componentes principales no correlacionados sobre los mismos sujetos.

En virtud de que el set de datos cuenta con 21 indicadores se puede decir que éste tiene 21 dimensiones. Por lo tanto, el número de eigenvectores y sus eigenvalores asociados será también de 21 ya que siempre es igual al número de dimensiones del set de datos. Ahora, un eigenvector es algo similar a una dirección, en tanto que un eigenvalor es un número que dice cuánta varianza existe en los datos en dicha dirección. Es así que el eigenvector con el eigenvalor más alto será el primer componente principal.

<sup>29</sup> Peña, D., 2002. Análisis de Datos Multivariantes, McGraw Hill.

En función de lo anterior es que el diseño del IDD-IA implica la ponderación de cada una de las cuatro dimensiones y su suma para obtener el resultado final, el cual se presentó en el Cuadro 4 del reporte.

i) Dimensión 1. Servicios fijos.

Esta categoría incluye cinco indicadores que miden la extensión con la cual la población tiene acceso a infraestructura de telecomunicaciones, principalmente de redes fijas. Se le asigna una ponderación del 30 por ciento en función de su trascendencia y efectos positivos sobre la actividad económica<sup>30</sup>.

- a. Penetración de accesos de banda ancha fija.
- b. Penetración de voz fija.
- c. Penetración de TV restringida.
- d. Porcentaje de accesos de servicio fijo de Internet que son por medio de fibra óptica.
- e. Inverso del gasto en servicios de banda ancha fija como porcentaje del PIB per cápita.

ii) Dimensión 2. Servicios móviles.

Esta dimensión incluye siete indicadores que cuantifican el acceso de la población a los servicios móviles de telecomunicaciones. Se le asigna una ponderación del 30 por ciento por la relevancia que tiene para la población el acceso a este tipo de servicios y sobre el desarrollo económico de los países<sup>31</sup>.

- a. Teledensidad de conexiones de banda ancha móvil por cada 100 habitantes.
- b. Teledensidad de líneas de telefonía móvil por cada 100 habitantes.
- c. Porcentaje de conexiones de banda ancha móvil con tecnología de red 4G.

---

<sup>30</sup> Minges, M. Exploring the Relationship Between Broadband and Economic Growth. World Development Report 2016. Digital Dividends.

<sup>31</sup> Edquist, Goodridge, Haskel, Li & Lindquist. How Important Are Mobile Broadband Networks for the Global Economic Development? Paper prepared for the 35th IARIW General Conference Copenhagen, Denmark, August 20-25, 2018. <http://old.iariw.org/copenhagen/edquist.pdf>

- d. Porcentaje de conexiones de telefonía móvil que se realizan con smartphone respecto del total de dispositivos.
- e. Inverso del gasto en servicios de banda ancha móvil como porcentaje del PIB per cápita.
- f. Inverso del gasto en datos y voz móviles como porcentaje del PIB per cápita.
- g. Porcentaje de población cubierta por al menos tecnología de red 3G

iii) Dimensión 3. Conectividad.

La dimensión de Conectividad refleja las características de la red que permiten la utilización de la tecnología, y mide la calidad y el avance de las redes móviles de telecomunicaciones. La dimensión de Conectividad es a su vez planteada por el Centro Nacional de Inteligencia Artificial en el desarrollo de su índice<sup>32</sup>. A esta dimensión se le asigna una ponderación del 20 por ciento.

- a. Porcentaje de población que utiliza Internet.
- b. Velocidad de descarga de banda ancha fija en Mbps.
- c. Velocidad de descarga de banda ancha móvil en Mbps.
- d. Porcentaje de suscripciones a tecnología de red 5G.

iv) Dimensión 4. Adopción digital y cómputo.

Esta dimensión refleja, por una parte, la adopción e implementación exitosa de las TIC's, lo que permite expresar su utilización; y por otro lado reúne información respecto a la capacidad de cómputo asociada a cada país. Esta medición se hace bajo el supuesto de que una mayor capacidad o demanda podría asimilarse a nuevos desarrollos tecnológicos y a una menor latencia, requerida para usos avanzados de la tecnología, como la inteligencia artificial. El Centro Nacional de Inteligencia Artificial en el desarrollo de su índice<sup>33</sup> también plantea la subdimensión de cómputo. Se le asigna una ponderación del 20 por ciento.

- a. Penetración de OTT video

---

<sup>32</sup> Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial. Centro Nacional de Inteligencia Artificial. <https://indicelatam.cl/>

<sup>33</sup> Idem.

- b. Conexiones activas de IoT por cada 100 habitantes
- c. Servidores de Internet por cada millón de habitantes
- d. Número de data centers
- e. Número de supercomputadoras