

EL IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS EN COLOMBIA

Preparado para el Banco
Interamericano de Desarrollo
por: Raúl Katz y Juan Jung
Coordinadores del estudio:
Pau Puig Gabarró y
Enrique Iglesias Rodríguez



El impacto socioeconómico de la infraestructura de datos en Colombia

Preparado para el Banco Interamericano por:

Raúl Katz y Juan Jung

Coordinadores del estudio:

Pau Puig Gabarró y Enrique Iglesias

Códigos JEL: L86, L96, O31, O47

Palabras clave: infraestructura de datos, computación en la nube, economía digital, Colombia

Copyright © 2025 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Nótese que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Banco Interamericano de Desarrollo
1300 New York Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20577
www.iadb.org

Resumen

El objetivo general de esta publicación es evaluar el impacto socioeconómico del desarrollo de la infraestructura de datos en Colombia. La infraestructura de datos se concibe como los componentes necesarios para respaldar la economía digital a través del almacenamiento, manipulación y utilización de datos. A partir de los resultados del modelo de impacto en el producto interno bruto (PIB), se confirma que durante el período 2010-2023, el desarrollo de la infraestructura de datos en Colombia ha representado un impacto económico de US\$597 millones anuales en promedio (US\$7.758 millones acumulado). Por otra parte, durante el mismo período se observaron importantes efectos acumulados del impacto de la infraestructura de datos en variables socioeconómicas en Colombia, como la actividad innovadora (3,057%), los salarios (1,643%) y el desempleo (-0,734%). Para el período 2024-2030, dependiendo de los diferentes escenarios de desarrollo futuro, el impacto en el PIB podría representar entre US\$6.236 y US\$42.121 millones acumulados. En términos agregados, los efectos económicos asociados con el despliegue de la infraestructura de datos son ampliamente positivos, por lo que es necesario implementar políticas públicas y de marco regulatorio que estimulen su desarrollo.

Índice

Acerca de los autores	v
Acerca de los coordinadores del estudio	vi
Introducción.....	1
1. Marco teórico y modelos econométricos.....	2
1.1. Modelos de impacto de la infraestructura de datos en el PIB y en indicadores socioeconómicos	2
1.2. Resultados de los modelos e interpretación.....	6
2. Aplicación para el caso de Colombia	13
2.1. La situación actual de la infraestructura de datos de Colombia	13
2.2. Impacto socioeconómico del desarrollo de la infraestructura entre 2010 y 202316	
2.3. Simulación de escenarios futuros hasta 2030	19
2.4. Comparación de escenarios	27
3. Conclusiones.....	30
Referencias	31

Acerca de los autores

■ **Raúl Katz.** PhD en Ciencias Políticas y Administración de Empresas, MS en Tecnologías y Políticas de Comunicaciones, Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos), Maestría y Licenciatura en Ciencias de la Comunicación, Universidad de París (Francia), Maestría en Ciencias Políticas, Universidad de París-Sorbona. El Dr. Katz trabajó 20 años en Booz Allen & Hamilton, donde se desempeñó como socio líder de la Práctica de Telecomunicaciones en las Américas y miembro del equipo de dirección de la firma. Al retirarse de Booz Allen, fundó Telecom Advisory Services LLC en abril de 2006. Además de presidente de Telecom Advisory Services, es director de Investigación de Estrategia de Negocios en el Columbia Institute for Tele-Information del Columbia Business School (Nueva York), y profesor visitante en el Programa de Gestión de Telecomunicaciones de la Universidad de San Andrés (Argentina).

■ **Juan Jung.** PhD y Maestría en Economía, Universidad de Barcelona, Licenciatura en Economía, Universidad de la República (Uruguay). Especializado en econometría y análisis estadístico de las telecomunicaciones. Además de economista senior de Telecom Advisory Services, LLC, el Dr. Jung es profesor colaborador asistente en la Universidad Pontificia Comillas de Madrid. Antes de incorporarse a la firma, el Dr. Jung fue director de Políticas Públicas en la Asociación Interamericana de Telecomunicaciones y director del Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina.

Telecom Advisory Services LLC (www.teleadvs.com) es una firma de consultoría con personalidad jurídica registrada en el estado de Nueva York (Estados Unidos) con presencia física en Buenos Aires, Bogotá, Madrid y Nueva York. Fundada en 2006, la firma ofrece servicios de asesoría y consultoría a nivel internacional, y se especializa en particular en el desarrollo de estrategias de negocios y políticas públicas en los sectores de telecomunicaciones y digital. Sus clientes incluyen operadores de telecomunicaciones, fabricantes de equipamiento electrónico, plataformas de internet, desarrolladores de *software*, así como los gobiernos y reguladores de Argentina, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México y Perú. Asimismo, la firma ha realizado numerosos estudios de impacto económico y planeamiento de tecnologías digitales para la GSMA, la NCTA (Estados Unidos), Giga Europe, la CTIA (Estados Unidos), la Dynamic Spectrum Alliance y la Wi-Fi Alliance. En el ámbito de las organizaciones internacionales, la firma ha trabajado con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo, la Corporación Andina de Fomento, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, y el Foro Económico Mundial.

Acerca de los coordinadores del estudio

■ **Pau Puig Gabarró.** Licenciatura y Maestría en Ingeniería de Telecomunicaciones, así como un Posgrado en Gestión de Empresas y un Máster en Administración Internacional de Empresas. Desde 2016 trabaja en el Banco Interamericano de Desarrollo como Especialista en Telecomunicaciones, apoyando gobiernos de América Latina y el Caribe a reformar políticas públicas en tecnologías digitales y a planificar y ejecutar inversiones en infraestructura de telecomunicaciones.

■ **Enrique Iglesias.** Especialista en Telecomunicaciones, División de Conectividad, Mercados y Finanzas del Banco Interamericano de Desarrollo. Sus funciones se basan en el apoyo a los Gobiernos de Latinoamérica y el Caribe para desarrollar las agendas de banda ancha y economía digital a través de mecanismos de asistencia técnica y operaciones de financiación. Previamente ejerció como consultor en estrategia y operaciones basado en Madrid donde tuvo la oportunidad de prestar servicios a las principales firmas de Telecomunicaciones en Europa y Latinoamérica. Enrique es Ingeniero Superior de Telecomunicaciones por la Universidad Autónoma de Madrid y cuenta con una Maestría en Banca y Mercados Financieros por la Universidad Carlos III de Madrid.

Introducción

El objetivo general de esta publicación es evaluar el impacto socioeconómico del desarrollo de la infraestructura de datos en un país. La infraestructura de datos se concibe como los componentes necesarios para respaldar la economía digital a través del almacenamiento, manipulación y utilización de datos. Entre sus componentes principales se incluyen: (i) los centros de datos (*data centers*) instalados por empresas y organismos gubernamentales para apoyarlos en el procesamiento de datos, (ii) los grandes centros de datos construidos por proveedores de nube pública para ofrecer servicios de almacenamiento y procesamiento de datos, así como aplicaciones a empresas y gobiernos, y (iii) los servidores (tanto aquellos usados por organizaciones públicas y privadas para apoyar el procesamiento de sus datos, como los desplegados para ser utilizados por plataformas digitales y servicios de internet).

Esta publicación presenta la aplicación del modelo general de impacto socioeconómico de la infraestructura de datos desarrollado en el primer informe del estudio de caso de Colombia. El caso colombiano puede ser de interés para otras economías de la región debido a que, a nivel sectorial, Colombia se ha posicionado en los últimos años como un referente en el desarrollo de una institucionalidad destinada a promover la digitalización, inicialmente con la creación del primer Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC) de la región y, más recientemente, con la aprobación de una ley de telecomunicaciones de última generación y el desarrollo de una institucionalidad convergente. Sin desmedro de ello, el país aún cuenta con una importante brecha digital por cerrar, así como diversos desafíos de índole socioeconómico que es necesario abordar en su proceso de desarrollo. Los resultados de este estudio permiten concluir que los despliegues de infraestructura de datos han tenido efectos socioeconómicos positivos para el país.

La publicación se estructura de la siguiente forma. En el capítulo 1 se resumen los aspectos principales del modelo general. Sobre esta base, en el capítulo 2 se presenta un análisis del desarrollo reciente de la infraestructura de datos en Colombia y, a partir de ello, se aplican los resultados de las estimaciones calculadas para el caso particular de Colombia, con vistas a: (i) estimar la contribución socioeconómica causada por el desarrollo de la infraestructura de datos entre 2010 y 2023 y (ii) simular escenarios futuros hasta 2030. Finalmente, el capítulo 3 presenta las conclusiones del estudio de caso colombiano.

1. Marco teórico y modelos econométricos

Con el objetivo de capturar las interrelaciones y complementariedades entre los componentes de la infraestructura de datos y su impacto socioeconómico, el marco teórico del estudio está basado en la formalización de múltiples efectos directos e indirectos entre dicha infraestructura, sus condicionantes y la economía:

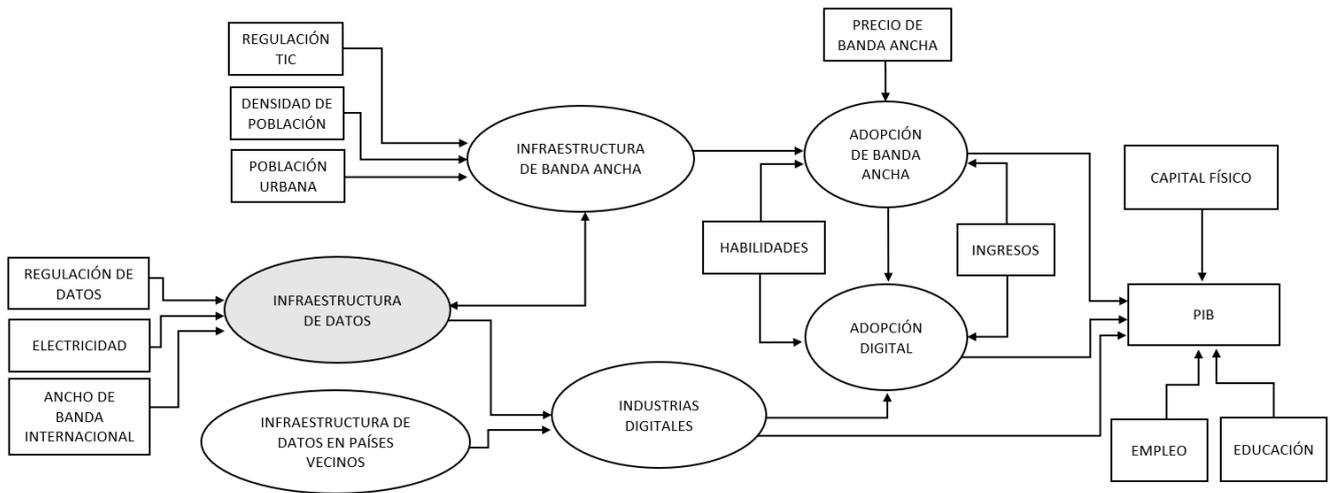
- El desarrollo de la infraestructura de datos (que incluye los centros de cómputo de proveedores de servicios de la nube, el número de centros de cómputo en empresas y gobiernos, y los servidores de internet seguros) depende de aspectos regulatorios (tanto en lo que respecta a regulación del procesamiento y almacenamiento de datos, como a políticas de ciberseguridad), del acceso a electricidad y del ancho de banda internacional de un país.
- A su vez, la infraestructura de datos estimula el desarrollo de industrias digitales (empresas que ofrecen servicios que van más allá de la conectividad, como pueden ser aquellas que ofrecen soluciones de grandes bases de datos (*big data*) o de internet de las cosas [IoT, por sus siglas en inglés]), para las que será más atractivo instalarse en países con mejores condiciones para el almacenamiento y procesamiento de datos.
- Asimismo, dichas industrias digitales también pueden depender del nivel de desarrollo de las infraestructuras de datos de países vecinos, que en muchas ocasiones actúan como centros (*hubs*) regionales.
- El desarrollo de la infraestructura de datos estimula el despliegue de redes de transporte de banda ancha, y estas conllevan un desarrollo más intenso de la infraestructura (efecto doble): un desarrollo más avanzado de redes de banda ancha estimula el despliegue de infraestructura de datos.
- Finalmente, el estímulo de las redes de banda ancha en la adopción de servicios digitales genera un efecto de derrame en el producto interno bruto (PIB) y otras variables económicas, como empleo e ingreso.

Para capturar estas múltiples relaciones, se han construido dos modelos de ecuaciones simultáneas.

1.1. Modelos de impacto de la infraestructura de datos en el PIB y en indicadores socioeconómicos

El Gráfico 1.1 describe las relaciones causales del modelo propuesto para estimar el impacto económico de la infraestructura de datos.

Gráfico 1.1. El rol de la infraestructura de datos en el ecosistema digital



Fuente: Telecom Advisory Services.

En relación con los determinantes del desarrollo de infraestructura de datos, se considera que esta depende de aspectos regulatorios, del acceso a electricidad (debido a que este tipo de infraestructuras hace uso intensivo de este recurso)¹ y del ancho de banda internacional del país como condición necesaria para la instalación de centros de datos que puedan servir más allá de las fronteras nacionales.

Hacia adelante, la infraestructura de datos estimula el desarrollo de industrias digitales, para las que será más atractivo instalarse en países con mejores condiciones para el almacenamiento y procesamiento de datos. Por industrias digitales se entiende, por ejemplo, empresas que ofrecen servicios más allá de la conectividad, como pueden ser soluciones de *big data* o de IoT. A su vez, estas industrias digitales también dependen del nivel de desarrollo de las infraestructuras de datos de los países vecinos, que en muchas ocasiones actúan como *hubs* regionales, por ejemplo, en lo que respecta a la infraestructura de computación en la nube. Los grandes centros de datos de proveedores de servicios de nube se establecen típicamente en un país para servir a una región, y se apalancan en las ventajas asociadas a las economías de escala que estas generan.

Por su parte, se asume que entre la infraestructura de datos y la infraestructura de banda ancha puede existir una relación bidireccional. Ello implica que el desarrollo de la infraestructura de datos incentiva el despliegue de redes de transporte para dichos datos y viceversa: cuando las redes de banda ancha son más desarrolladas, ello estimula el despliegue de infraestructura de datos. Por su parte, el desarrollo de la infraestructura de banda ancha depende de la regulación sectorial de las tecnologías de la información y las

¹ Para controlar por disponibilidad y facilidad de acceso a la electricidad sería deseable incluir el precio de la electricidad como regresor. Dado que los datos de esta variable son insuficientes, se ha optado por introducir en el modelo empírico un indicador de cobertura.

comunicaciones (TIC) y de otros factores, como densidad de población o nivel de urbanización.²

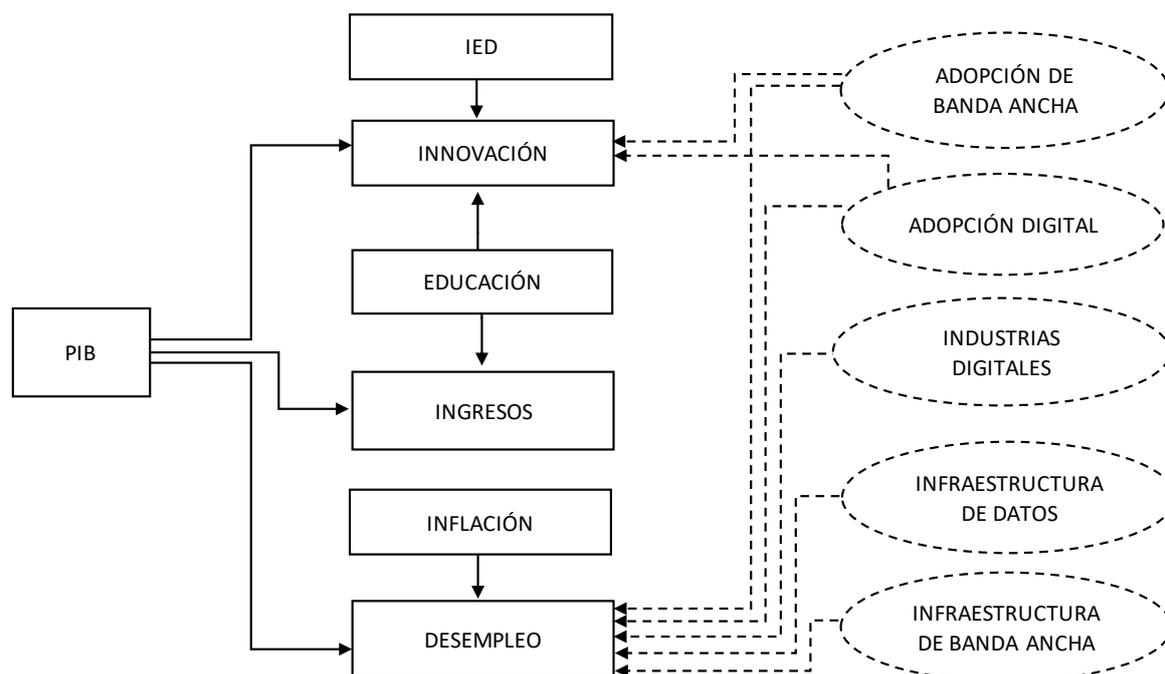
A continuación, se estima que la adopción de servicios de banda ancha y de otras herramientas digitales depende, respectivamente, del nivel de desarrollo de la infraestructura de banda ancha y de la presencia de industrias digitales que ofrecen servicios a nivel local. En ambos casos, se asume que la adopción dependerá de las habilidades de los ciudadanos (aproximada por la tasa de matriculación en educación terciaria) y de los ingresos, por lo que se espera que, a mayor valor de estos, mayor sea la adopción de banda ancha y servicios digitales. Ello se debe a que la educación y las habilidades digitales son un elemento esencial para hacer uso de, y por lo tanto demandar, este tipo de tecnologías. Por otra parte, ni la banda ancha ni los servicios digitales pueden considerarse bienes inferiores, por lo que es esperable que, a mayores niveles de ingresos, se incremente su demanda. Por otra parte, en el modelo se han incorporado los precios de banda ancha como determinantes de su adopción (a mayores precios se espera menor adopción por la ley de la demanda), y se ha asumido que la adopción de banda ancha determina la adopción de otros servicios digitales, por ser una condición necesaria para ello. En ese sentido, un incremento en la adopción de banda ancha debería facilitar una mayor adopción de otros servicios digitales conexos.

A su vez, un mayor nivel de adopción de banda ancha y de otras herramientas digitales debería contribuir al crecimiento del PIB, debido a los derrames (*spillovers*) que la digitalización genera en la economía. Ello se materializa a través de las mejoras en materia de productividad y eficiencia generadas por la digitalización, ampliamente documentadas en la literatura. Por otra parte, a mayor cantidad de industrias digitales, se asume mayor impacto económico. Asimismo, se añaden el stock de capital físico, el nivel de empleo y la educación promedio de los ciudadanos como controles adicionales para explicar las variaciones en el PIB, de manera de incorporar los factores de producción tradicionales que suelen modelarse en las funciones de producción de modelos macroeconómicos.

En cuanto al efecto del PIB hacia delante, el crecimiento económico inducido por el desarrollo de industrias digitales y la mayor adopción de banda ancha del modelo precedente deberán generar otra serie de efectos inducidos en indicadores socioeconómicos, por ejemplo, en materia de innovación, salarios y empleo, como se detalla en el Gráfico 1.2.

² Naturalmente, es de esperar que las diferencias por país en los niveles de desarrollo de infraestructura de banda ancha y de datos se expliquen también por diferencias en el poder adquisitivo. Tales efectos son capturados en el modelo empírico a través de la inclusión de efectos fijos por país.

Gráfico 1.2. Impacto del PIB en indicadores socioeconómicos



Fuente: Telecom Advisory Services.

En primer lugar, el crecimiento del PIB debería redundar en un incremento de la actividad innovadora, debido al mayor dinamismo económico y a la mayor cantidad de recursos disponibles. A su vez, en el modelo se asume que la actividad innovadora depende también del nivel educativo de la población adulta y de los niveles de inversión extranjera directa (IED) entrantes, como suele identificarse en la literatura especializada. Asimismo, se evalúa en qué medida existe un vínculo directo entre la adopción de banda ancha y de servicios digitales en la innovación, más allá del que se materializa a través de un mayor PIB. Por ello, en líneas punteadas se añaden estos vínculos a la derecha del Gráfico 1.2.

En segundo lugar, el crecimiento de PIB deberá redundar en un incremento salarial para los trabajadores, que a su vez también dependerá de los niveles educativos de la población. Esto se debe a que, a mayor producción, y por ende ingresos económicos, mayores retribuciones para los factores de producción, y el trabajo es uno de ellos.

Finalmente, se espera que el crecimiento del PIB genere una reducción en el desempleo, que se asume dependerá también del nivel de inflación, como sugiere la literatura asociada a la Curva de Phillips, que vincula una reducción del desempleo con el nivel de ingreso. En este último caso, en el modelo también se han añadido potenciales efectos directos desde las variables digitales hacia el desempleo, debido a la amplia literatura existente en torno al potencial impacto de la digitalización en el empleo.

1.2. Resultados de los modelos e interpretación

Los modelos presentados en los Gráficos 1.1 y 1.2 fueron estimados con base en dos procedimientos empíricos diferentes. Por un lado, se utilizaron paneles de efectos fijos por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para estimar cada variable dependiente que emerge de esos gráficos, y se emplearon como regresores los respectivos determinantes acorde a las mismas. Por otro lado, se realizó una estimación de ecuaciones simultáneas a través de la metodología de mínimos cuadrados en tres etapas (MC3E).³ Las variables utilizadas para estimar los modelos se detallan en el Cuadro 1.1.

³ Los modelos de ecuaciones simultáneas son un tipo de modelo estadístico en el que las variables dependientes son funciones de otras variables dependientes, y no solo de variables independientes. Esto significa que algunas de las variables explicativas se determinan juntamente con la variable dependiente, que en economía suele ser consecuencia de algún mecanismo de equilibrio subyacente.

Cuadro 1.1. Variables para el modelo empírico

Grupo	Variable	Descripción	Fuente	Media	Desvío estándar
Constructo de infraestructura de datos	Zonas <i>cloud</i>	Cantidad de zonas <i>cloud</i>	TeleGeography	2,090	10,133
	Centros de datos	Cantidad de <i>data centers</i>	TeleGeography	34,420	123,116
	Servidores	Servidores de internet seguros (en decenas de miles)	Banco Mundial	27,265	237,211
Constructo de infraestructura de banda ancha (BA)	Cobertura 4G	Cobertura 4G (porcentaje de la población)	GSMA	53,224	41,566
	Cobertura 5G	Cobertura 5G (porcentaje de la población)	GSMA	4,157	15,839
	Cobertura de fibra hasta el hogar (FTTH)	Cobertura FTTH (porcentaje de la población)	IDATE/OECD/TAS	24,178	31,259
	Velocidad de BAF	Velocidad promedio de banda ancha fija (BAF) (en Mbps)	Ookla	33,528	44,325
	Velocidad de BAM	Velocidad promedio banda ancha móvil (BAM) (en Mbps)	Ookla	19,362	21,545
Constructo de adopción de BA	Adopción de BAF	Adopción de BAF (porcentaje de los hogares).	UIT	0,523	0,423
	Adopción de BAM	Adopción de usuarios únicos BAM (porcentaje de la población)	GSMA	0,416	0,223
	Penetración de internet	Usuarios de internet (porcentaje de la población)	UIT	0,588	0,281
Constructo de industrias digitales	Empresas IA	Empresas de inteligencia artificial (IA) por millón de habitantes	Crunchbase	2,878	7,543
	Empresas de <i>big data</i>	Empresas de <i>big data</i> por millón de habitantes	Crunchbase	1,432	3,541
	Empresas de IoT	Empresas de IoT por millón de habitantes	Crunchbase	1,438	3,048
	Empresas de tecnología financiera (<i>fintech</i>)	Empresas de <i>fintech</i> por millón de habitantes	Crunchbase	2,753	8,299
Constructo de adopción digital	Adopción de IA	Usuarios de IA (porcentaje de la población)	Statista	1,058	3,016
	Adopción de IoT	Adopción de máquina a máquina (M2M) (porcentaje de la población)	GSMA	7,409	13,586
	Adopción de comercio electrónico	Ventas de comercio electrónico (porcentaje de comercio minorista)	Euromonitor	3,766	4,685
Drivers de infraestructura de datos	Regulación de datos	Índice de gobierno electrónico (<i>e-Government</i>)	Naciones Unidas	0,613	0,192
	Electricidad	Cobertura de electricidad (porcentaje de la población)	Banco Mundial	89,853	21,657
	Ancho de banda internacional	Ancho de banda internacional (en miles Kbps)	UIT	161,148	759,039

Grupo	Variable	Descripción	Fuente	Media	Desvío estándar
Drivers de infraestructura de BA	Regulación de TIC	Régimen regulatorio según el índice de regulación de TIC (<i>ICT Regularly Tracker</i>)	UIT	69,252	23,093
	Población urbana	Población residiendo en áreas urbanas (porcentaje de la población)	Banco Mundial	66,609	19,905
	Densidad de población	Población por kilómetro cuadrado (km ²)	Banco Mundial	237,958	764,498
Drivers de adopción de BA y digital	Precio de BAF	Precio de BAF (porcentaje del ingreso interno nacional per cápita)	UIT	14,864	66,353
	Precio de BAM	Precio de BAM (porcentaje del ingreso interno nacional per cápita)	UIT	4,972	13,255
	Ingresos	Retribución nacional per cápita del factor trabajo	PWT / FMI	28.642,010	21.581,290
	Habilidades	Tasa de matriculación en educación terciaria	UNESCO	49,400	28,750
Variables socioeconómicas	PIB	PIB en millones de dólares constantes de 2017	PWT / FMI	1,008	2,687
	Capital	Stock de capital físico en millones de dólares constantes de 2017	PWT / FMI	4,239	10,628
	Empleo	Cantidad de trabajadores empleados (en millones)	Banco Mundial	26,083	84,496
	Educación	Años promedio de educación por habitante mayor de 25 años	UNESCO	9,205	3,351
	Inflación	Tasa de crecimiento de deflactor del PIB	FMI	0,012	0,090
	Desempleo	Tasa de desempleo (porcentaje de la fuerza laboral)	Banco Mundial	7,074	4,882
	Innovación	Solicitudes de patentes per cápita	Banco Mundial	20.527,720	115.999,900
	IED	IED (ingresos netos, porcentaje del PIB)	Banco Mundial	4,720	18,202

Fuente: Telecom Advisory Services.

Los resultados del modelo descrito en el Gráfico 1.1, que se presentan de manera detallada en el primer informe de este estudio, confirman los siguientes efectos entre variables:

- Un marco regulatorio avanzado para controlar la ciberseguridad y la industria de datos (por ejemplo, reglas de localización y almacenamiento de datos) contribuye a un mayor desarrollo de la infraestructura de datos (aunque al controlar por infraestructura de banda ancha, el efecto deja de ser significativo).
- De igual forma, mayor cobertura de electricidad y mayor ancho de banda internacional se vinculan positivamente con el desarrollo de la infraestructura de datos.
- Por otra parte, a mayor desarrollo de la infraestructura de datos, mayor es el desarrollo de la infraestructura de banda ancha (y viceversa), lo que confirma la interdependencia entre ambos tipos de infraestructuras.
- Una mejor regulación de las TIC impacta positivamente en el desarrollo de infraestructura de banda ancha.
- En cuanto a las industrias digitales, estas dependen positivamente del desarrollo de la infraestructura de datos.
- En todos los casos la infraestructura de datos de países vecinos es crucial para el desarrollo de las industrias digitales, e incluso cuenta con un coeficiente superior al de la infraestructura local. La relevancia del efecto de infraestructura de datos de países vecinos destaca el importante rol de los grandes *hubs* regionales de este tipo de infraestructuras, lo que sugiere a su vez que las regulaciones tendientes a obligar la localización de datos en el territorio doméstico no resultan convenientes. Este último punto será ampliado en el tercer informe de este estudio relativo a las políticas públicas necesarias para desarrollar una infraestructura de datos.
- La adopción de banda ancha depende positivamente del desarrollo de la infraestructura de banda ancha, como es de esperar. Ello debido a que, a mayor cobertura, hay más posibilidad de aumentar la adopción (más usuarios para conectar) y, por otra parte, a mayor velocidad de redes, resulta más atractivo el servicio para los usuarios, lo que incrementa su demanda. El nivel de ingresos influye positivamente en la adopción (dado que la banda ancha es un bien normal, no inferior), mientras que los precios influyen negativamente, como es esperable acorde a la ley de la demanda.
- Por su parte, la adopción de herramientas digitales se ve positivamente influenciada por la adopción de banda ancha. Asimismo, a mayor desarrollo de las industrias digitales a nivel local, mayor será su adopción por parte de la población. La adopción digital también depende positivamente del nivel de ingresos y del capital humano, como era de esperar.

- Finalmente, a nivel macroeconómico, tanto capital como empleo influyen positivamente en el PIB, como es natural. Asimismo, la adopción de banda ancha en todos los casos presenta un coeficiente positivo y significativo, conforme a lo esperado.

El segundo modelo, representado en el Gráfico 1.2, refleja los efectos económicos desde el crecimiento del PIB hacia delante:

- La innovación depende positivamente del PIB, lo cual implica que un crecimiento del PIB (por ejemplo, inducido por el desarrollo de la infraestructura de datos) redundará en una mayor actividad innovadora. El crecimiento del 1% del PIB motivará un incremento en las solicitudes de patentes per cápita de un 0,75%. Asimismo, los resultados para las variables digitales sugieren un impacto directo positivo de la adopción de banda ancha en la innovación
- A su vez, la innovación depende positivamente del capital humano y de la IED.
- Los salarios también se verán beneficiados por el crecimiento del PIB. El coeficiente asociado sugiere que un incremento del 1% en el PIB genera que los salarios crezcan un 0,68% en promedio. Los salarios, a su vez, dependen positivamente de los niveles de capital humano.
- Finalmente, la tasa de desempleo se verá reducida por el crecimiento del PIB. Un crecimiento del 1% en el PIB generará una reducción en la tasa de desempleo en torno al 0,71%.
- A su vez, la inflación y el desempleo se relacionan negativamente.

Los modelos econométricos permiten formalizar efectos en cadena directos e indirectos que vinculan el desarrollo de la infraestructura de datos a variables socioeconómicas. Los coeficientes de efectos directos permiten formalizar los siguientes resultados (Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2. Efectos directos en el modelo de infraestructura de datos

Relación	Efecto
Infraestructura de datos → Infraestructura de BA	1,183
Infraestructura de BA → Adopción de BA	0,345
Adopción de BA → Adopción digital	0,293
Adopción de BA → PIB	0,171
Adopción digital → PIB	0,029
Infraestructura de datos → Industrias digitales	1,626
Industrias digitales → Adopción digital	0,507
Industrias digitales → PIB	0,050

Fuente: Telecom Advisory Services.

Estos resultados han sido validados (en el primer informe del estudio) a través de diferentes metodologías econométricas, incluido un análisis de robustez realizado para controlar por potenciales problemas de endogeneidad.

Con estos efectos directos, es posible formalizar también los efectos indirectos de acuerdo con cuatro “rutas” o canales de impacto (Cuadro 1.3). Estas rutas afectan al PIB por la vía de mayor penetración de banda ancha, mayor adopción de herramientas digitales, o mayor desarrollo de las industrias digitales, todo lo cual es un reflejo de los *spillovers* que la digitalización genera en la economía por la vía de mayor productividad, eficiencias y reducciones de costos.

Cuadro 1.3. Construcción de efectos indirectos

Ruta	Relación	Efecto
Ruta 1	Infraestructura de datos → Infraestructura de BA → Adopción de BA → PIB	0,070
Ruta 2	Infraestructura de datos → Infraestructura de BA → Adopción de BA → Adopción digital → PIB	0,003
Ruta 3	Infraestructura de datos → Industrias digitales → Adopción digital → PIB	0,024
Ruta 4	Infraestructura de datos → Industrias digitales → PIB	0,081

Fuente: Telecom Advisory Services.

En cuanto al modelo de efectos socioeconómicos derivados del aumento del PIB, se formalizan una serie de efectos directos en otras variables socioeconómicas, más allá del impacto que se materializa a través de los *spillovers* sobre el PIB.

Cuadro 1.4. Efectos directos en el modelo de efectos del PIB

Relación	Coefficientes
PIB → Innovación	0,752
PIB → Ingresos	0,679
PIB → Desempleo	-0,706
Adopción de BA → Innovación	0,223
Adopción digital → Desempleo	0,036
Adopción de BA → Desempleo	0,211
Infraestructura BA → Desempleo	-0,027
Industrias digitales → Desempleo	-0,010

Fuente: Telecom Advisory Services.

Una vez identificados los efectos directos e indirectos se simulan escenarios hipotéticos de impacto, los que servirán de base para estimar el impacto del desarrollo de la infraestructura de datos en Colombia:

- El despliegue de una nueva zona *cloud*⁴ incrementa el PIB en un 1,024%. También se estima un impacto en la innovación de un 1,292%, de los cuales el 0,522% es un efecto directo de la adopción de banda ancha en las solicitudes de patentamiento (dado que la digitalización facilita la búsqueda de

⁴ El concepto de zona *cloud* se refiere a una región geográfica donde un proveedor de servicios de computación en la nube ha instalado un centro de cómputo.

información, desarrollo de ideas e interacciones entre expertos), mientras que la parte restante es la suma de los efectos derivados del aumento del PIB como resultado de las cuatro rutas de impacto indirecto (es decir, el efecto en la innovación como resultado de mayores recursos y dinamismo de la economía). Con respecto al efecto en los salarios, estos se incrementan en un 0,695%. Finalmente, el impacto en el desempleo se traduce en una reducción de su tasa en torno al 0,312%.

- El desarrollo de un nuevo centro de datos se asocia con un incremento del PIB del 0,088% sumando todos los efectos estudiados. Naturalmente, estos son mucho más modestos que los del despliegue de una zona *cloud*. Se calcula que el impacto en la innovación es del 0,111%, en los salarios del 0,060%, y en el desempleo del -0,027%.
- Finalmente, el aumento de 10.000 servidores se puede vincular con un crecimiento del PIB del 0,041%. A su vez, se calcula que el impacto en la innovación es del 0,052%, en los salarios del 0,028% y en el desempleo del -0,012%.

2. Aplicación para el caso de Colombia

En este capítulo, en primer lugar, se estima la contribución de la infraestructura de datos al crecimiento económico reciente de Colombia y, en segundo lugar, se simulan una serie de escenarios de cara al futuro horizonte hasta el año 2030.

2.1. La situación actual de la infraestructura de datos de Colombia

Recientemente Colombia ha experimentado un avance importante en el desarrollo de la infraestructura de datos en los tres componentes analizados en esta publicación: (i) los grandes centros de datos construidos por proveedores de nube pública para ofrecer servicios de almacenamiento y procesamiento de datos, así como aplicaciones a empresas y gobiernos; (ii) los centros de datos instalados por empresas y organismos gubernamentales para apoyarlos en el procesamiento de datos; y (iii) los servidores (tanto aquellos usados por organizaciones públicas y privadas para apoyar el procesamiento de sus datos, como los desplegados para ser utilizados por plataformas digitales y servicios de internet).

Desde 2023 Colombia cuenta con su primera zona *cloud*, localizada en Bogotá, que fue desplegada por Oracle Cloud.⁵ Dicha infraestructura ha representado una inversión de US\$100 millones.⁶ Si se considera que los efectos económicos de una nueva zona *cloud* representan el 1,024% del PIB (equivalente a US\$3.724 millones en Colombia), resulta evidente que el impacto económico sobrepasa largamente la inversión inicial. La infraestructura se denomina *región de nube* en Colombia, y su apertura ha sido anunciada en diciembre de 2023. La operadora de telecomunicaciones Claro es uno de los aliados anfitriones de la nueva infraestructura, y a través de esta alianza ofrece servicios de Oracle Cloud Infrastructure (OCI) a organizaciones en todo el país. A pesar de esta situación, Colombia demuestra un rezago respecto a otras naciones latinoamericanas, como Chile (que cuenta con ocho zonas *cloud*) y Brasil (que tiene 18), como se aprecia en el Cuadro 2.1.

⁵ Más información disponible en: <https://blogs.oracle.com/oracle-latinoamerica/post/oracle-abre-la-primera-region-de-nube-publica-a-hiperscala-en-colombia-bogota>.

⁶ Para leer más al respecto, visítase: <https://www.elcolombiano.com/negocios/oracle-trae-region-nube-publica-a-colombia-con-100-millones-de-dolares-JC23300911>.

Cuadro 2.1. Zonas *cloud* operativas en Chile y Brasil (2023)

País	Proveedor	Nombre de la región <i>cloud</i>	Ciudad de localización	Zonas <i>cloud</i>	Lanzamiento
Chile	Oracle Cloud	Chile 2 (Colina)	Colina	1	2023
	Google Cloud Platform	Santiago	Santiago	3	2021
	Microsoft Azure	Chile Central (Santiago)	Santiago	3	2022
	Oracle Cloud	Chile Central (Santiago)	Santiago	1	2020
Brasil	Microsoft Azure	Brazil Southeast (Rio)	Río de Janeiro	3	2022
	Amazon Web Services	South America (São Paulo)	São Paulo	3	2011
	Google Cloud Platform	São Paulo	São Paulo	3	2017
	IBM Cloud	São Paulo	São Paulo	3	2021
	Microsoft Azure	Brazil South (São Paulo)	São Paulo	3	2014
	Oracle Cloud	Brazil East (São Paulo)	São Paulo	1	2019
	Tencent Cloud	South America (São Paulo)	São Paulo	1	2021
Oracle Cloud	Brazil Southeast (Vinhedo)	Vinhedo	1	2021	

Fuente: TeleGeography.

En cuanto a los centros de datos, Colombia contaba con un total de 28 centros operativos hacia fines de 2023, tal como se detalla en el Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Centros de datos operativos en Colombia (2023)

Operador	Tipo de operador	Nombre	Ciudad	Lanzamiento
Anacondaweb	Carrier Neutral Colo	Anacondaweb Medellín	Medellín	
BT Global Services	Bandwidth Provider Colo	BT Bogotá	Bogotá	
C&W Business	Bandwidth Provider Colo	C&W Data Center Bogotá-Tocancipá	Tocancipá	
	Bandwidth Provider Colo	C&W Data Center Bogotá-BT	Bogotá	
Claro	Bandwidth Provider Colo	Claro Funza	Funza	2009
	Bandwidth Provider Colo	Claro Ortezal	Bogotá	
EdgeUno	Reseller	EdgeUno BOG1 - Bogotá	Bogotá	
	Reseller	EdgeUno BOG2 - Bogotá	Bogotá	
	Reseller	EdgeUno BOG3 - Bogotá	Bogotá	
Equinix	Carrier Neutral Colo	Equinix BG1	Bogotá	2017
	Carrier Neutral Colo	Equinix BG2	Bogotá	2023
Etix Everywhere	Wholesale	Etix Cali #1	Cali	2020
FDC Servers	Reseller	FDC Bogotá	Bogotá	
GlobeNet	Bandwidth Provider Colo	GlobeNet Barranquilla Data Center	Barranquilla	2017
Grupo Gtd	Bandwidth Provider Colo	Gtd Medellín (El Poblado)	Medellín	2014
Grupo ZFB	Wholesale	Grupo ZFB L38 I	Bogotá	2011
	Wholesale	Grupo ZFB L16A I	Bogotá	2014
	Wholesale	Grupo ZFB Zetta	Bogotá	2021
	Wholesale	Grupo ZFB L38 II	Bogotá	2011
	Wholesale	Grupo ZFB L16A II	Bogotá	2014
HostDime	Carrier Neutral Colo	HostDime Columbia	Tocancipá	2022
IFX Networks	Bandwidth Provider Colo	IFX Networks Bogotá	Bogotá	2009

Operador	Tipo de operador	Nombre	Ciudad	Lanzamiento
Internexa	Bandwidth Provider Colo	Internexa Bogotá	Bogotá	2017
	Bandwidth Provider Colo	Internexa Medellín	Medellín	
Lumen	Bandwidth Provider Colo	Lumen Bogotá (Suba)	Bogotá	2002
	Bandwidth Provider Colo	Lumen Bogotá (COL XV)	Bogotá	2004
ODATA	Wholesale	ODATA BG01	Cota	2019
Oracle Cloud	Proprietary	Oracle Cloud Colombia	Bogotá	2022
Tigo Business	Bandwidth Provider Colo	Tigo Titanium	Cota	2017
	Bandwidth Provider Colo	Tigo Colombia - Medellín Data Center	Medellín	

Fuente: TeleGeography.

Nuevamente, Colombia presenta un cierto rezago frente a los líderes regionales (Chile y Brasil), quienes cuentan con 40 y 102 centros de datos, respectivamente (Cuadro 2.3).

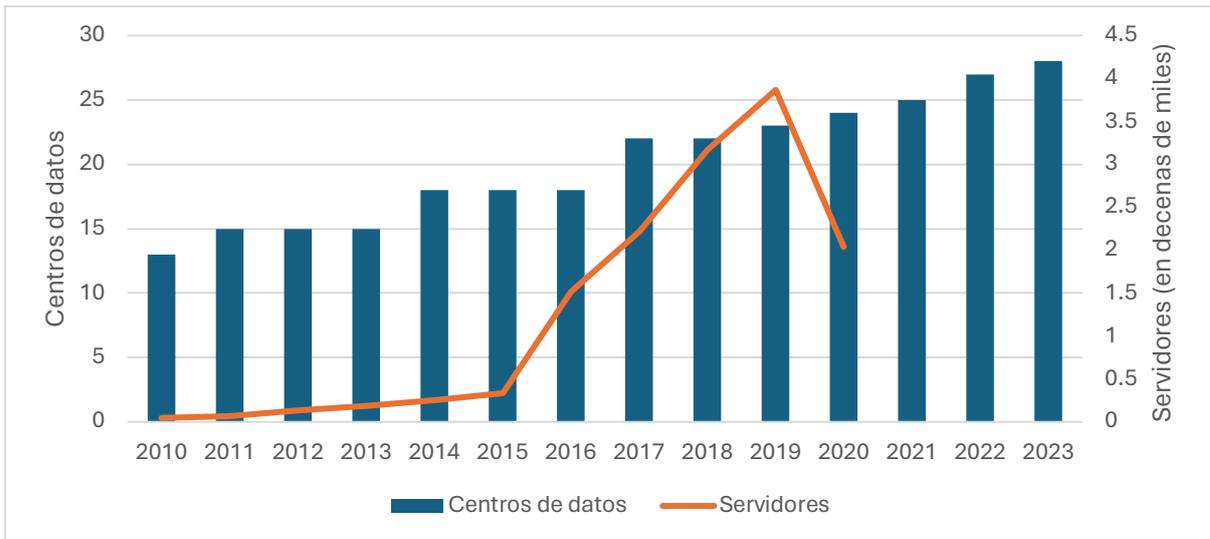
Cuadro 2.3. Centros de datos operativos en Chile y Brasil (2023)

País	Localización	Centros de datos
Chile	Santiago	35
	Puerto Montt	1
	Temuco	1
	Osorno	1
	Melipilla	1
	Valparaíso	1
Brasil	São Paulo	41
	Campinas	18
	Rio de Janeiro	14
	Fortaleza	6
	Curitiba	5
	Porto Alegre	5
	Brasília	5
	Belo Horizonte	3
	Jundiaí	2
	João Pessoa	1
	Santos	1
Vitória	1	

Fuente: TeleGeography.

Desde 2010, la cantidad de centros de datos de Colombia se incrementó de 13 a los 28 actuales, lo que demuestra un importante crecimiento en el despliegue de estas infraestructuras en el país. Asimismo, la cantidad de servidores de internet seguros ha crecido notablemente, en particular desde 2015, aunque en el año 2020 hubo una contracción importante, y desde entonces el Banco Mundial no ha reportado datos de la evolución hasta 2023 (Gráfico 2.1).

Gráfico 2.1. Evolución reciente de centros de datos y servidores en Colombia



Fuente: TeleGeography y Banco Mundial.

2.2. Impacto socioeconómico del desarrollo de la infraestructura entre 2010 y 2023

Para estimar en la economía de Colombia el impacto causado por el desarrollo de la infraestructura de datos en el país entre 2010 y 2023, se computan los valores iniciales (2010) y finales (2023) de los componentes de la misma. A partir de ellos, se calcula cómo ha variado el constructo de infraestructura de datos (Cuadro 2.4). De forma conservadora, se ha mantenido el dato de servidores de acuerdo con la última observación disponible de 2020.

**Cuadro 2.4. Evolución del constructo de infraestructura de datos en Colombia
(2010-2023)**

Variable	Descripción	Valor en 2010	Valor en 2023	Media	Desvío estándar	Valor estandarizado (2010)	Valor estandarizado (2023)
Zonas <i>cloud</i>	Cantidad de zonas <i>cloud</i>	0	1	2,090	10,133	-0,206	-0,108
Centros de datos	Cantidad de centros de datos	13	28	34,420	123,116	-0,174	-0,052
Servidores	Servidores de internet seguros (en decenas de miles)	0,047	2,114	27,265	237,211	-0,115	-0,106
						Constructo (2010)	Constructo (2023)
						-0,288	-0,152

Fuente: Telecom Advisory Services.

Nota: La fuente de datos para zonas *cloud* y centros de datos es TeleGeography. La fuente de información para los servidores de internet seguros es Banco Mundial.

Sobre esta base, es posible estimar que el constructo de infraestructura de datos ha crecido en promedio un 0,010 por año, lo que se traduce en un impacto en el PIB del 0,19% anual en promedio.⁷ Si se considera lo que ha crecido el PIB en el mismo período (un 2,42% anual en promedio), se puede calcular que la contribución porcentual de infraestructura de datos a la tasa de crecimiento del PIB es del 10%. En otras palabras, el 10% del crecimiento de la economía colombiana desde 2010 es atribuible a las infraestructuras de datos, a través de la serie de efectos descritos en los capítulos anteriores (Cuadro 2.5).

⁷ A efectos comparativos, Katz y Jung (2022) estimaron para Colombia que un aumento del 10% en la penetración de banda ancha fija generará un aumento del 0,8% en el PIB (per cápita), mientras que un 10% de aumento en la penetración de banda ancha móvil haría lo propio en un 0,4%.

Cuadro 2.5. Estimación de la contribución de la infraestructura de datos al PIB en Colombia (2010-2023)

Ítem	Descripción	Valor	Fuente
1	Impacto de un incremento de una unidad en el constructo de infraestructura de datos en el PIB	0,178	Suma de las cuatro rutas del Cuadro 1.2
2	Valor del constructo de infraestructura de datos, 2010	-0,2876	Cuadro 2.4
3	Valor del constructo de infraestructura de datos, 2023	-0,1517	Cuadro 2.4
4	Variación anual del constructo de infraestructura de datos	0,010	$((3)-(2))/13$
5	Impacto anual del constructo de infraestructura de datos en el PIB	0,19%	$(1)*(4)$
6	PIB 2010 (US\$ millones)	US\$286.499	FMI
7	PIB 2023 (US\$ millones)	US\$363.835	FMI
8	Tasa anual de crecimiento compuesto (TACC) PIB (2010-2020)	1,86%	$((7)/(6))^{(1/13)}-1$
9	Contribución porcentual de la infraestructura de datos al crecimiento del PIB	10,03%	$(8)/(5)$
10	Incremento del PIB (2023/2010) (US\$ millones)	US\$77.336	$(7)-(6)$
11	Impacto de la infraestructura de datos en el crecimiento del PIB (US\$ millones)	US\$7.758	$(10)*(9)$
12	Impacto anual de la infraestructura de datos en el crecimiento del PIB (US\$ millones)	US\$597	$(11)/13$

Fuente: Telecom Advisory Services.

Finalmente, de acuerdo con los coeficientes del segundo modelo econométrico, en el Cuadro 2.6 se estima la contribución de la infraestructura de datos a otras variables socioeconómicas durante el período 2010-2023. Al respecto, puede afirmarse que el desarrollo de la infraestructura de datos ha contribuido a una variación promedio anual del 0,24% en la actividad innovadora (medida como solicitudes de patentes per cápita), del 0,13% en los salarios (medidos como la retribución nacional per cápita del factor trabajo), y a la reducción de la tasa desempleo en un -0,06%. De forma acumulada durante todo el período, tales variaciones son del 3,1%, 1,6%, y -0,73%, respectivamente.

Cuadro 2.6. Estimación de la contribución de la infraestructura de datos a variables socioeconómicas en Colombia (2010-2023)

Variable	Variación porcentual (%) Promedio anual			Variación porcentual (%) Acumulado 2010-2023		
	Impacto en innovación	Impacto en salarios	Impacto en desempleo	Impacto en innovación	Impacto en salarios	Impacto en desempleo
PIB	0,140%	0,126%	-0,131%	1,819%	1,643%	-1,708%
Impacto directo adopción de BA (constructo de adopción de BA según Cuadro 1.1)	0,095%		0,090%	1,237%		1,171%
Impacto directo adopción digital (constructo de adopción digital según Cuadro 1.1)			0,036%			0,462%
Impacto directo de infraestructura de BA (constructo de infraestructura de BA según Cuadro 1.1)			-0,033%			-0,434%
Impacto directo industrias digitales (constructo de industrias digitales según Cuadro 1.1)			-0,017%			-0,224%
Total	0,235%	0,126%	-0,056%	3,057%	1,643%	-0,734%

Fuente: Telecom Advisory Services.

Nota: Variables de innovación, salarios y desempleo definidas en el Cuadro 1.1.

Dado que esta estimación se ha realizado sobre la base de coeficientes provenientes de modelos desarrollados con una muestra mundial de países (a través de diferentes metodologías), la aplicación de estos coeficientes al caso colombiano permite estimar una magnitud de impacto que no se encuentra afectada por el hipotético impacto de otras políticas e inversiones que habrían podido darse en el país durante el mismo período.

2.3. Simulación de escenarios futuros hasta 2030

De acuerdo con las previsiones futuras, se han definido tres escenarios alternativos de lo que puede acontecer en el país en términos del desarrollo de la infraestructura de datos durante el período 2023-2030. Esto permitirá estimar los beneficios adicionales a ser generados si la tasa de desarrollo de la misma se acelerase o ralentizase a partir de cambios en el escenario tendencial:

- **Escenario pesimista.** Este escenario asume que no se instalará ninguna nueva zona *cloud* hasta 2030, y que la evolución de los centros de datos y de

servidores se basará en una tasa anual de crecimiento decreciente, simulada como la del período 2010-2023 menos 0,5% (por año).

- **Escenario tendencial.** Este escenario asume que se instalará una nueva zona *cloud* cada tres años, y que la evolución de los centros de datos y de servidores se basará en la misma tasa anual de crecimiento promedio del período 2010-2023.
- **Escenario agresivo.** Este escenario considera que Colombia convergerá en este período a un nivel de infraestructura de datos como el de Chile, uno de los líderes regionales.

A continuación, se desarrolla la simulación de impacto para cada uno de estos tres escenarios.

Escenario pesimista

En primer lugar, se estima la evolución de las variables de infraestructura de datos hasta 2030. Como se menciona arriba, este escenario asume que no se instalará ninguna zona *cloud* en el período, y que la evolución de los centros de datos y de servidores se basará en una tasa anual de crecimiento decreciente, simulada como la del período 2010-2023 menos 0,5% por año (Cuadro 2.7).

Cuadro 2.7. Evolución de las variables de infraestructura de datos en Colombia: escenario pesimista

Variable	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Fuente
Zonas <i>cloud</i>	1	1	1	1	1	1	1	Ausencia de nuevas zonas <i>cloud</i>
Centros de datos	30	31	33	34	36	37	38	TACC 2010-2023 - 0,5% (anual)
Servidores	3	4	5	7	9	12	15	TACC 2010-2023 - 0,5% (anual)

Fuente: Telecom Advisory Services.

Según los datos estimados bajo este escenario, en 2030 se mantendría una única zona *cloud* en el país, la cantidad de centros de datos se incrementará hasta 38, y la cantidad de servidores (en decenas de miles) será de 15. A partir de tales datos simulados, en el Cuadro 2.8 se estima la evolución en el constructo de infraestructura de datos.

**Cuadro 2.8. Evolución del constructo de infraestructura de datos en Colombia:
escenario pesimista**

Variable	Descripción	Valor en 2023	Valor en 2030	Media	Desvío estándar	Valor estandarizado (2023)	Valor estandarizado (2030)
Zonas <i>cloud</i>	Cantidad de zonas <i>cloud</i>	1	1	2,090	10,133	-0,108	-0,108
Centros de datos	Cantidad de centros de datos	28	38,296	34,420	123,116	-0,052	0,031
Servidores	Servidores de internet seguros (en decenas de miles)	2,114	15,218	27,265	237,211	-0,106	-0,051
						Constructo (2023)	Constructo (2030)
						-0,152	-0,071

Fuente: Telecom Advisory Services.

Nota: La fuente de datos para zonas *cloud* y centros de datos es TeleGeography. La fuente de información para los servidores de internet seguros es Banco Mundial.

De acuerdo con este escenario, el constructo de infraestructura de datos se incrementa en un promedio de 0,012 anual. Al tomar como base ese aumento y el impacto de la infraestructura de datos en el PIB que surge del Cuadro 1.2, en el Cuadro 2.9 se estima cuánto crecerá el PIB a partir de esta evolución: un 0,21% anual promedio.

Cuadro 2.9. Simulación de la contribución de la infraestructura de datos al PIB en Colombia: (2024-2030): escenario pesimista

Ítem	Descripción	Valor	Fuente
1	Impacto de un incremento de una unidad en el constructo de infraestructura de datos en el PIB	0,178	Suma de las cuatro rutas del Cuadro 1.2
2	Valor del constructo de infraestructura de datos, 2023	-0,1517	Cuadro 2.8
3	Valor del constructo de infraestructura de datos, 2030	-0,0710	Cuadro 2.8
4	Variación anual del constructo de infraestructura de datos	0,012	$((3)-(2))/7$
5	Impacto anual de la infraestructura de datos en el PIB (%)	0,21%	$(1)*(4)$
6	Impacto anual de la infraestructura de datos en el crecimiento del PIB (US\$ millones)	US\$891	$(5)*(Proyecciones PIB FMI - promedio anual)$
7	Impacto acumulado 2024-2030 (US\$ millones)	US\$6.236	$(6)*7$

Fuente: Telecom Advisory Services.

En el Cuadro 2.10 se estima la contribución de la infraestructura de datos a otras variables socioeconómicas durante el período 2024-2030 para este escenario. Al respecto, puede afirmarse que el desarrollo de la infraestructura de datos contribuirá a una variación promedio anual del 0,26% en la actividad innovadora, del 0,14% en los salarios, y a reducir levemente el desempleo (-0,06%). De forma acumulada durante todo el período, tales variaciones serían del 1,81%, 0,98% y -0,44%, respectivamente.

Cuadro 2.10. Estimación de la contribución de la infraestructura de datos a variables socioeconómicas en Colombia (2024-2030): escenario pesimista

Variable	Variación porcentual (%) Promedio anual			Variación porcentual (%) Acumulado 2024-2030		
	Impacto en innovación	Impacto en salarios	Impacto en desempleo	Impacto en innovación	Impacto en salarios	Impacto en desempleo
PIB	0,154%	0,139%	-0,145%	1,080%	0,975%	-1,014%
Impacto directo adopción de BA (construido de adopción de BA según Cuadro 1.1)	0,105%		0,099%	0,734%		0,695%
Impacto directo adopción digital (construido de adopción digital según Cuadro 1.1)			0,039%			0,274%
Impacto directo de infraestructura de BA (construido de infraestructura de BA según Cuadro 1.1)			-0,037%			-0,258%
Impacto directo industrias digitales (construido de industrias digitales según Cuadro 1.1)			-0,019%			-0,133%
Total	0,259%	0,139%	-0,062%	1,814%	0,975%	-0,436%

Fuente: Telecom Advisory Services.

Nota: variables de innovación, salarios y desempleo definidas en el Cuadro 1.1.

Escenario tendencial

A continuación, se estima la evolución de las variables de infraestructura de datos para el año 2030 de acuerdo con el escenario tendencial. Este escenario se basa en asumir que se instalará una nueva zona *cloud* cada tres años, y que la evolución de los centros de datos y de servidores se basará en la tasa anual de crecimiento promedio del período 2010-2023 (Cuadro 2.11).

**Cuadro 2.11. Evolución de variables de infraestructura de datos en Colombia:
escenario tendencial**

Variable	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Fuente
Zonas <i>cloud</i>	1	1	2	2	2	3	3	Se asume una nueva zona <i>cloud</i> cada 3 años
Centros de datos	30	32	33	35	38	40	42	Proyección sobre la base de TACC 2010-2023
Servidores	3	4	5	7	9	12	16	Proyección sobre la base de TACC 2010-2023

Fuente: Telecom Advisory Services.

Según los datos estimados bajo este escenario, en 2030 deberá haber tres zonas *cloud* en el país, la cantidad de centros de datos se incrementará hasta 42 y la cantidad de servidores (en decenas de miles) será de 16. A partir de tales datos simulados, en el Cuadro 2.12 se estima la evolución en el constructo de infraestructura de datos.

**Cuadro 2.12. Evolución del constructo de infraestructura de datos en Colombia:
escenario tendencial**

Variable	Descripción	Valor en 2023	Valor en 2030	Media	Desvío estándar	Valor estandarizado (2023)	Valor estandarizado (2030)
Zonas <i>cloud</i>	Cantidad de zonas <i>cloud</i>	1	3	2,090	10,133	-0,108	0,090
Centros de datos	Cantidad de centros de datos	28	42,323	34,420	123,116	-0,052	0,064
Servidores	Servidores de internet seguros (en decenas de miles)	2,114	16,468	27,265	237,211	-0,106	-0,046
						Constructo (2023)	Constructo (2030)
						-0,152	0,066

Fuente: Telecom Advisory Services.

Nota: La fuente de datos para zonas *cloud* y centros de datos es TeleGeography. La fuente de información para los servidores de internet seguros es Banco Mundial.

El constructo de infraestructura de datos se ha incrementado en un promedio de 0,031 anual. Al tomar como base ese incremento y el impacto de la infraestructura de datos en el PIB que surge de Cuadro 1.1, en el Cuadro 2.13 se estima cuánto crecerá el PIB a partir de esta evolución: un 0,55% anual en promedio.⁸

⁸ A efectos de comparar esta cifra con el impacto de otras inversiones, Mejía y Delgado (2020) estiman para Colombia durante el período 2021-2030 que un aumento de la inversión en infraestructura de transportes del 0,5% por año, incrementará la tasa de crecimiento económico en 0,8 puntos porcentuales.

Cuadro 2.13. Simulación de la contribución de la infraestructura de datos al PIB en Colombia (2024-2030): escenario tendencial

Ítem	Descripción	Valor	Fuente
1	Impacto de un incremento de una unidad en el constructo de infraestructura de datos en el PIB	0,178	Suma de las cuatro rutas de Cuadro 1.2
2	Valor del constructo de infraestructura de datos, 2023	-0,1517	Cuadro 2.12
3	Valor del constructo de infraestructura de datos, 2030	0,0664	Cuadro 2.12
4	Variación anual del constructo de infraestructura de datos	0,031	$((3)-(2))/7$
5	Impacto anual de la infraestructura de datos en el PIB (%)	0,55%	(1)*(4)
6	Impacto anual de la infraestructura de datos en el crecimiento del PIB (US\$ millones)	US\$2.408	(5)*(Proyecciones PIB FMI - promedio anual)
7	Impacto acumulado 2024-2030 (US\$ millones)	US\$16.855	(6)*7

Fuente: Telecom Advisory Services.

En el Cuadro 2.14 se estima la contribución de la infraestructura de datos a otras variables socioeconómicas durante el período 2024-2030 para este escenario. Al respecto, puede afirmarse que el desarrollo de la infraestructura de datos contribuirá a una variación promedio anual del 0,70% en la actividad innovadora, del 0,38% en los salarios, y a la reducción del desempleo en un -0,17%. De forma acumulada durante todo el período, tales variaciones serían de 4,9%, 2,6% y -1,2%, respectivamente.

Cuadro 2.14. Estimación de la contribución de la infraestructura de datos a variables socioeconómicas en Colombia (2024-2030): escenario tendencial

Variable	Variación porcentual (%) Promedio anual			Variación porcentual (%) Acumulado 2024-2030		
	Impacto en innovación	Impacto en salarios	Impacto en desempleo	Impacto en innovación	Impacto en salarios	Impacto en desempleo
PIB	0,417%	0,377%	-0,392%	2,919%	2,636%	-2,741%
Impacto directo adopción de BA (construido de adopción de BA según Cuadro 1.1)	0,284%		0,268%	1,985%		1,878%
Impacto directo adopción digital (construido de adopción digital según Cuadro 1.1)			0,106%			0,741%
Impacto directo de infraestructura de BA (construido de Infraestructura de BA según Cuadro 1.1)			-0,100%			-0,697%
(Impacto directo industrias digitales (construido de industrias digitales según Cuadro 1.1)			-0,051%			-0,359%
Total	0,701%	0,377%	-0,168%	4,904%	2,636%	-1,177%

Fuente: Telecom Advisory Services.

Nota: variables de innovación, salarios y desempleo definidas en el Cuadro 1.1.

Escenario agresivo

Finalmente, se estima la evolución de las variables de infraestructura de datos para el año 2030 bajo un escenario agresivo. Este escenario asume que Colombia convergerá en este período a un nivel de infraestructura de datos como el de Chile (Cuadro 2.15).

Cuadro 2.15. Evolución de variables de infraestructura de datos en Colombia: escenario agresivo

Variable	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Fuente
Zonas <i>cloud</i>	2	2	4	4	6	6	8	Niveles de Chile
Centros de datos	30	32	33	35	38	40	42	Proyección sobre la base de TACC 2010-2023 (ya superior al nivel actual de Chile)
Servidores	3	5	7	10	15	23	34	Niveles de Chile

Fuente: Telecom Advisory Services.

Según los datos estimados bajo este escenario, en 2030 deberá haber ocho zonas *cloud* en el país, la cantidad de centro de datos se incrementará hasta 42, y la de servidores (en decenas de miles) será de 34. A partir de tales datos simulados, en el Cuadro 2.16 se estima la evolución en el constructo de infraestructura de datos.

Cuadro 2.16. Evolución del constructo de infraestructura de datos en Colombia: escenario agresivo

Variable	Descripción	Valor en 2023	Valor en 2030	Media	Desvío estándar	Valor estandarizado (2023)	Valor estandarizado (2030)
Zonas <i>cloud</i>	Cantidad de zonas <i>cloud</i>	1	8	2,090	10,133	-0,108	0,583
Centros de datos	Cantidad de centros de datos	28	42,323	34,420	123,116	-0,052	0,064
Servidores	Servidores de internet seguros (en decenas de miles)	2,114	33,984	27,265	237,211	-0,106	0,028
						Constructo (2023)	Constructo (2030)
						-0,152	0,393

Fuente: Telecom Advisory Services.

Nota: La fuente de datos para zonas *cloud* y centros de datos es TeleGeography. La fuente de información para los servidores de internet seguros es Banco Mundial.

El constructo de infraestructura de datos se ha incrementado en un 0,078 anual en promedio. Al tomar como base ese incremento y el impacto de la infraestructura de datos en el PIB que surge del Cuadro 1.2, en el Cuadro 2.17 se estima cuánto crecerá el PIB a partir de esta evolución: un 1,4% anual en promedio.

Cuadro 2.17. Simulación de la contribución de la infraestructura de datos al PIB en Colombia (2024-2030): escenario agresivo

Ítem	Descripción	Valor	Fuente
1	Impacto de un incremento de una unidad en el constructo de infraestructura de datos en el PIB	0,178	Suma de las cuatro rutas de Cuadro 1.2
2	Valor del constructo de infraestructura de datos, 2023	-0,1517	Cuadro 2.16
3	Valor del constructo de infraestructura de datos, 2030	0,3933	Cuadro 2.16
4	Variación anual del constructo de infraestructura de datos	0,078	((3)-(2))/7
5	Impacto anual de la infraestructura de datos en el PIB (%)	1,39%	(1)*(4)
6	Impacto de la infraestructura de datos en el crecimiento del PIB (US\$ millones)	US\$6.017	(5)*(Proyecciones PIB FMI - promedio anual)
7	Impacto acumulado 2024-2030 (US\$ millones)	US\$42.121	(6)*7

Fuente: Telecom Advisory Services.

En el Cuadro 2.18 se estima la contribución de la infraestructura de datos a otras variables socioeconómicas durante el período 2024-2030 para este escenario. Al

respecto, puede afirmarse que el desarrollo de la infraestructura de datos contribuirá a una variación promedio anual del 1,75% en la actividad innovadora, del 0,94% en los salarios, y a reducir el desempleo (-0,42%). De forma acumulada durante todo el período, tales variaciones serían de 12,26%, 6,59% y -2,94%, respectivamente.

Cuadro 2.18. Estimación de la contribución de la infraestructura de datos a variables socioeconómicas en Colombia (2024-2030): escenario agresivo

Variable	Variación porcentual (%) Promedio anual			Variación porcentual (%) Acumulado 2024-2030		
	Impacto en innovación	Impacto en salarios	Impacto en desempleo	Impacto en innovación	Impacto en salarios	Impacto en desempleo
PIB	1,042%	0,941%	-0,978%	7,295%	6,587%	-6,849%
Impacto directo adopción de BA (constructo de adopción de BA según Cuadro 1.1)	0,709%		0,670%	4,960%		4,693%
Impacto directo adopción digital (constructo de adopción digital según Cuadro 1.1)			0,265%			1,852%
Impacto directo de Infraestructura de BA (constructo de infraestructura de BA según Cuadro 1.1)			-0,249%			-1,741%
Impacto directo industrias digitales (constructo de industrias digitales según Cuadro 1.1)			-0,128%			-0,898%
Total	1,751%	0,941%	-0,420%	12,255%	6,587%	-2,942%

Fuente: Telecom Advisory Services.

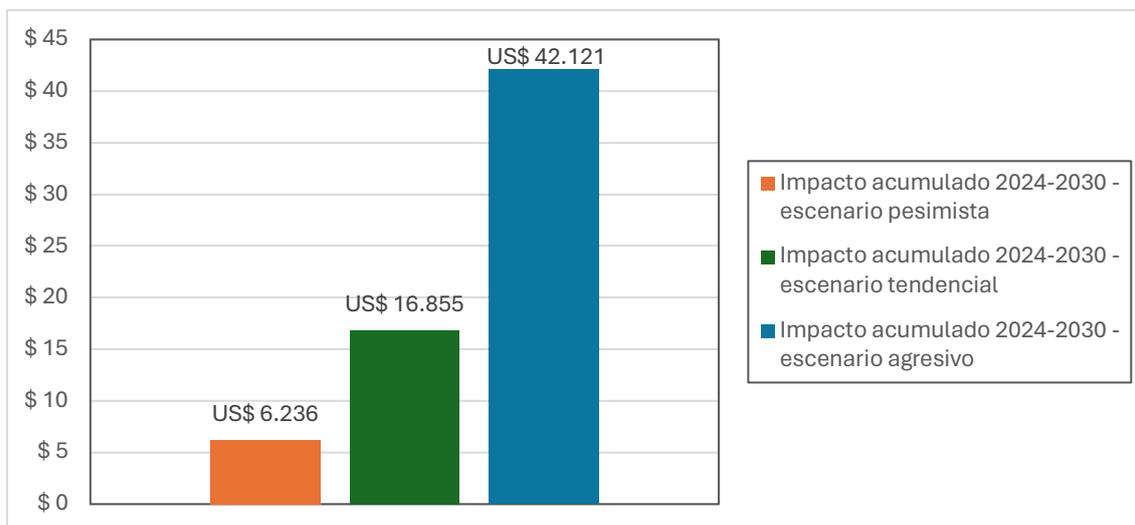
Nota: variables de innovación, salarios y desempleo definidas en el Cuadro 1.1.

Si bien este escenario agresivo puede considerarse muy exigente para materializarse en el corto período de tiempo que resta hasta 2030, los resultados son muy relevantes en torno al potencial socioeconómico que genera el desarrollo de la infraestructura de datos.

2.4. Comparación de escenarios

En el Gráfico 2.2 se compara la contribución acumulada de la infraestructura de datos de acuerdo con los tres escenarios futuros simulados anteriormente.

Gráfico 2.2 Simulación de la contribución de la infraestructura de datos al PIB en Colombia: comparación de escenarios (US\$ miles de millones)

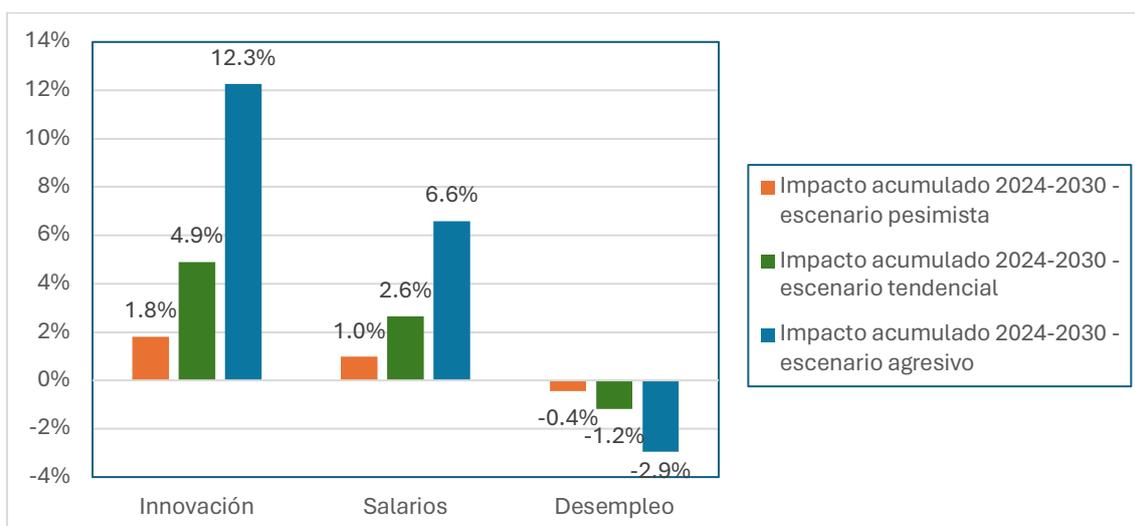


Fuente: Telecom Advisory Services.

En el escenario pesimista, la contribución económica de la infraestructura de datos ascenderá a US\$6,2 miles de millones de forma acumulada. En el escenario tendencial, esta contribución evolucionará hasta los US\$16,9 miles de millones acumulados. Finalmente, el escenario agresivo representará un total de US\$42,1 miles de millones acumulados en los próximos siete años.

Finalmente, el Gráfico 2.3 compara los diferentes escenarios futuros en relación con el impacto sobre otras variables socioeconómicas.

Gráfico 2.3. Simulación de la contribución de la infraestructura de datos a variables socioeconómicas en Colombia: comparación de escenarios



Fuente: Telecom Advisory Services.

Los resultados sugieren que, de forma acumulada, la innovación podría incrementarse entre un 1,8% y un 12,3%, dependiendo del escenario simulado. De igual forma, los salarios crecerían entre un 1,0% y un 6,6%, y el desempleo caería entre un -0,4% y un -2,9% dependiendo del escenario.

3. Conclusiones

A partir de los resultados del modelo de impacto en el PIB colombiano de la infraestructura de datos, se confirman los siguientes efectos:

- Durante el período 2010-2023, el desarrollo de la infraestructura de datos en Colombia ha representado un impacto económico de US\$597 millones anuales en promedio (US\$7.758 millones acumulado).
- Para el período 2024-2030, dependiendo de los diferentes escenarios de desarrollo futuro, el impacto económico acumulado podría representar entre US\$6.236 y US\$42.121 millones acumulados.

Consiguientemente, se observan los siguientes efectos del impacto de la infraestructura de datos en variables socioeconómicas en Colombia:

- El crecimiento del PIB inducido por el desarrollo de la infraestructura de datos ha redundado en una mayor actividad innovadora, que se ha visto incrementada por esta razón en un 0,235% anual en promedio durante el período 2010-2023 (3,057% acumulado).
- Los salarios también se han beneficiados por el crecimiento del PIB, en torno a un 0,126% anual en promedio durante el período 2010-2023 (1,643% acumulado).
- El desempleo ha disminuido por estos efectos, a un ritmo de -0,056% anual en promedio (-0,734% acumulado).
- De cara al período 2024-2030, dependiendo del nivel de desarrollo que adopten las infraestructuras de datos en el país, la innovación podría incrementarse entre un 1,8% y un 12,3% de forma acumulada. De igual forma, los salarios crecerían entre un 1,0% y un 6,6% de forma acumulada, y el desempleo caería entre un -0,4% y un -2,9% acumulado, dependiendo del escenario.

En términos agregados, los efectos económicos asociados con el despliegue de la infraestructura de datos son ampliamente positivos, lo que implica la necesidad de implementar políticas públicas y de marco regulatorio que estimulen su desarrollo.

Referencias

- Katz, R. y J. Jung. 2022. The role of the digital economy in the economic recovery of Colombia. Executive Summary. Telecom Advisory Services. Disponible en: https://www.teleadv.com/wp-content/uploads/Documento-Estudio-Katz-VRHC_v3-limpio.pdf.
- Mejía, L. y M. Delgado. 2020. Impacto macroeconómico y social de la inversión en infraestructura en Colombia, 2021-2030. Disponible en: https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3960/Report_Mayo_2020_Mej%c3%ada_y_Delgado.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

