

(06-016) - Investigating the paths of road infrastructure: Analysis of the effects of roads on economic growth in Peru

Chang, Victor ¹; Flores, Alex ²; Mendoza, Williams ³

¹ Universidad Ricardo Palma, ² Pontificia Universidad Católica de Chile, ³ Universidad Nacional del Callao

The objective of the research is to quantify the impact of road infrastructure on economic growth at the departmental level in Peru. To achieve this, a panel data set with annual information from 2010 to 2022 for the 24 departments of Peru is utilized. A Panel Data Error Correction Model was employed for this purpose. The long-term estimation results reveal that an additional 1% increase in road kilometers leads to a 0.295% increase in departmental per capita GDP. Furthermore, a 1% additional increase in the proportion of paved road infrastructure corresponds to a 0.339% increase in departmental per capita GDP. Additionally, an increase of one unit in the number of road concessions within the same department results in a 38.9% increase in departmental per capita GDP.

Keywords: Highway Infrastructure; Economic growth; Error Correction Model; Granger causality

Investigando las sendas de la infraestructura vial: Análisis de los efectos de las carreteras sobre el crecimiento económico en Perú

El objetivo de la investigación es cuantificar el efecto de la infraestructura vial sobre el crecimiento económico a nivel departamental en Perú. Para tal fin, se emplea un panel de datos con información anual del 2010 hasta el 2022 para los 24 departamentos de Perú. Para ello se empleó un Modelo de Corrección de Errores de datos panel. Los resultados de las estimaciones a largo plazo evidencian que un incremento de 1% adicional en los kilómetros de carretera genera un aumento de 0,295% en el PBI per cápita departamental, que el incremento en 1% adicional en la proporción de infraestructura vial pavimentada genera un aumento de 0,339% del PIB per cápita departamental y que un aumento de cada unidad en la cantidad de concesiones viales en un mismo departamento genera un incremento del 38,9% en el PIB per cápita departamental.

Palabras clave: Infraestructura Vial; Crecimiento Económico; Modelo de Corrección de Errores; Causalidad de Granger

Correspondencia: Alex Flores. correo: aa.floresquispe@gmail.com

Agradecimientos: Los autores agradecen a La Agencia de Promoción de la Inversión Privada (ProInversión) por su colaboración en el desarrollo de la presente investigación, la cual tiene como finalidad contribuir a la discusión desde un punto de vista académico y no de crítica. Las opiniones y estimaciones representan el juicio de los autores, y no implican, necesariamente, una posición institucional de ProInversión. La investigación desarrollada se basa en información pública disponible, por lo cual no puede ser empleada como medio probatorio dentro de cualquier tipo de controversia.



1. Introducción

La relación entre la inversión en infraestructura vial y el crecimiento económico ha sido objeto de minuciosos análisis en tiempos recientes. La expansión de las redes de carreteras, resultado directo de inversiones más considerables, desempeña un papel clave al facilitar la movilidad de la población. Este aumento en la accesibilidad no solo abre las puertas a nuevos mercados, sino que también dinamiza diversas actividades económicas. La mejora en la interconexión a través de una infraestructura vial bien desarrollada se presenta como un factor determinante para impulsar el desarrollo económico, generando un impacto positivo en la productividad y la expansión de oportunidades comerciales.

La infraestructura vial desempeña un papel crucial en el desarrollo económico regional de un país, y en el caso particular del Perú, su impacto se torna fundamental dada la diversidad geográfica y la necesidad de integrar eficientemente diversas regiones. Para comprender este fenómeno, es esencial abordar distintos aspectos relacionados con la infraestructura vial en el país, incluyendo los tipos de infraestructura, los mecanismos de inversión, la red vial nacional, las instituciones encargadas y los desafíos que enfrenta el Estado para cerrar la brecha existente.

En el Perú, la infraestructura vial abarca una variedad de tipos, desde carreteras y autopistas hasta puentes y túneles. La diversidad geográfica y climática del país exige soluciones adaptadas a las distintas condiciones, lo que se refleja en la presencia de carreteras en la diversas regionales naturales como la sierra, selva y costa. Cada tipo de infraestructura vial tiene implicancias únicas en el desarrollo económico de las regiones que conecta.

La ejecución de proyectos de infraestructura vial puede llevarse a cabo a través de obras públicas financiadas y ejecutadas por el Estado o mediante Asociaciones Público-Privadas (APP) principalmente, en las cuales el sector privado asume un papel protagónico en el diseño, financiamiento, construcción y mantenimiento de la infraestructura. Es crucial analizar las diferencias entre estas modalidades, considerando aspectos como la eficiencia, la transparencia y el impacto económico a largo plazo.

Según la Agencia de Promoción de la Inversión Privada (ProInversión), a la fecha existen 16 contratos de concesión de carreteras con un plazo promedio de 23 años. Estas carreteras se encuentran distribuidas a lo largo de todo el país. Del total de estos contratos de concesión, seis (06) son proyectos autofinanciados y diez (10) son cofinanciados por el Estado. El total de carreteras concesionadas comprende alrededor de 6,693 km que equivalen a cerca del 23% de la Red Vial Nacional. Las inversiones realizadas mediante estas concesiones han permitido mejorar la interconectividad regional, reducir los costos y tiempos de viaje, impulsar las cadenas logísticas de productos y fomentar el turismo. Además, las carreteras concesionadas han generado un ahorro en costos y menores sobrecostos que la obra pública tradicional¹.

No obstante, la pandemia de la COVID-19 ha tenido un impacto perjudicial en la inversión y desarrollo de la infraestructura vial en el Perú. Las restricciones de movilidad y las medidas de distanciamiento social han ralentizado la ejecución de proyectos, mientras que la prioridad de recursos para abordar la emergencia sanitaria ha dejado en segundo plano la inversión en infraestructura vial. La incertidumbre económica ha disminuido la disposición de los inversionistas, afectando especialmente a proyectos bajo APP. Esta reducción en la inversión

¹ Información del Anuario Estadístico 2023 de ProInversión.

no solo ha afectado la ejecución de proyectos, sino que también ha tenido consecuencias en el crecimiento económico, al limitar la conectividad y la capacidad de las regiones para atraer inversiones y fomentar la actividad económica.

La red vial nacional constituye la columna vertebral del sistema de transporte regional en Perú. Las carreteras concesionadas, gestionadas por entidades privadas bajo acuerdos con el Estado, juegan un papel vital en el desarrollo de cada región. Además de la existencia de una brecha significativa en la infraestructura vial impone limitaciones al desarrollo económico sostenible. El cierre de esta brecha no solo impulsaría la movilidad de bienes y personas, sino que también generaría beneficios tangibles en términos de eficiencia logística, acceso a mercados y atracción de inversiones.

Durante el período 2010-2022, se observó un crecimiento significativo en la infraestructura vial total del Perú, con un incremento del 106%, esto debido a que, en el 2010, la infraestructura vial era de más de 84,000 km y para 2022 alcanzó más de 173,000 km. Esto significa que la cantidad de infraestructura vial casi se ha duplicado en este periodo, atribuida principalmente a la eficiencia e inversión de las concesiones viales, que ha impulsado considerablemente el desarrollo vial en el país.

Los departamentos más destacados en términos de incremento de infraestructura vial son Cusco, Cajamarca y Puno; de los cuales Cusco experimentó un aumento del 183%, Cajamarca del 186% y Puno del 155%, lo que representa aumentos de más de 11,000 km, 10,000 km y 8,000 km respectivamente. Estos incrementos reflejan el impacto positivo de las políticas de inversión y desarrollo en mejorar la conectividad y accesibilidad en diversas regiones del Perú, promoviendo el crecimiento económico y facilitando el transporte de personas y mercancías a lo largo del país.

Por su parte, el porcentaje de la infraestructura vial pavimentada existente en el Perú (la cual en mayor parte pertenece a la red vial nacional) se ha incrementado en un 102,87% al pasar de 15,313 km en 2010 a 31,065 km en 2022. Durante ese periodo, la economía peruana ha mostrado una tasa de crecimiento económico de 3.35% en promedio, durante el periodo comprendido entre 2010 y 2022, según lo indica el BCRP (2018).

El MTC, Provias Nacional y Provias Descentralizado, así como ProInversión desempeñan roles cruciales en la planificación, construcción, gestión y promoción de la infraestructura y proyectos viales en el país. Sus competencias y colaboración son aspectos fundamentales para entender cómo se desarrollan y mantienen las carreteras en el Perú.

Este documento de investigación se adentrará en estos temas, explorando datos estadísticos, análisis económicos y estudios de caso para arrojar luz sobre el impacto directo e indirecto de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú.

El presente artículo tiene la siguiente estructura, posterior a la introducción, la sección 2 presenta la revisión de la literatura relevante. La sección 3 muestra la metodología propuesta. La sección 4 presenta la discusión de los datos empleados. La sección 5 muestra los resultados del estudio y finalmente en la sección 6 se brindan las conclusiones y principales recomendaciones de política.

2. Revisión de Literatura

En esta sección se describen los principales trabajos de investigación que analizan los efectos de la infraestructura vial sobre variables de resultado económico; principalmente, sobre aquellas variables que miden el crecimiento económico de un país o un conjunto de regiones como el PBI y el PBI per cápita. Estos estudios analizan estos efectos considerando diferentes unidades de análisis, estructura de datos, variables y metodología lo cual les permite obtener

diversos resultados. Se ha priorizado aquellos estudios que hayan sido publicados de manera posterior al 2010.²

Respecto a la unidad de análisis utilizada los estudios de Bonifaz et al. (2008), Sahoo y Dash (2012), Maparu y Mazumder (2017), Alam et al. (2021) y Flores y Chang (2021) realizan la estimación de los efectos de la infraestructura vial a nivel de país. Así, los estudios de Bonifaz et al. (2008) y Flores y Chang (2021) hacen un análisis para Perú, Sahoo y Dash (2012) para un conjunto de países del sur de Asia, Maparu y Mazumder (2017) para la India y Alam et al. (2021) para Pakistán.

Por otra parte, los estudios realizados a nivel departamental, regional, provincial, distrital, de condados y aldeas han sido desarrollados por Vásquez y Bendezú (2008), Urrunaga y Aparicio (2012), Agrawal et al. (2016), Fageda et al. (2017), Tong y Yu (2018), Gibbons et al. (2019), Asher y Novosad (2020), Zhang et al. (2020) y J. Zhang y Zhang (2021). De manera similar, Aguirre (2012) realiza un análisis tomando como unidad de análisis las carreteras concesionadas en Perú y Jia et al. (2016) realiza un análisis solo para la ciudad de Beijing.

Con relación a la estructura de datos, los estudios de Bonifaz et al. (2008), Aguirre (2012), Jia et al. (2016), Maparu y Mazumder (2017), Alam et al. (2021) y Flores y Chang (2021) utilizan datos temporales. Por su parte, los estudios que emplean datos de panel son los desarrollados por Vásquez y Bendezú (2008), Sahoo y Dash (2012), Urrunaga y Aparicio (2012), Agrawal et al. (2016), Fageda et al. (2017), Tong y Yu (2018), Gibbons et al. (2019), Zhang et al. (2020) y J. Zhang y Zhang (2021). Mientras que el único que emplea datos de corte transversal es el desarrollado por Asher y Novosad (2020).

Respecto de la variable dependiente o variable de resultado económico los estudios de Vásquez y Bendezú (2008), Sahoo y Dash (2012), Urrunaga y Aparicio (2012), Maparu y Mazumder (2017), Zhang et al. (2020) y Alam et al. (2021) utilizan al PBI o PBI per cápita. Por otra parte, los estudios desarrollados por Jia et al. (2016), Tong y Yu (2018) y Flores y Chang (2021) analizan como el PBI afecta a la infraestructura vial, por tanto, utilizan como variable dependiente los kilómetros de pasajeros, el transporte de carga en ton-km y los kilómetros pavimentados de carretera, respectivamente.

Por otra parte, los estudios de Fageda et al. (2017), Gibbons et al. (2019) y Asher y Novosad (2020) utilizan como variable dependiente el empleo. Asimismo, existen estudios que emplean otras variables dependientes como Agrawal et al. (2016) quienes emplean variables de patentes, Maparu y Mazumder (2017) quienes emplean la tasa de urbanización, Gibbons et al. (2019) quienes emplean el número de establecimientos y J. Zhang y Zhang (2021) quienes emplean los ingresos por turismo y el coeficiente de Gini para medir la desigualdad.

Con la relación a la metodología empleada se ha encontrado que los estudios desarrollados por Vásquez y Bendezú (2008) y Urrunaga y Aparicio (2012) emplean paneles dinámicos; Sahoo y Dash (2012), Jia et al. (2016), Maparu y Mazumder (2017) y Alam et al. (2021) estiman un Modelo de Vector de Corrección de Errores para encontrar relaciones a largo plazo; Agrawal et al. (2016), Gibbons et al. (2019) y Zhang et al. (2020) estiman una regresión lineal bajo el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios y Fageda et al. (2017) estima un Modelo Espacial de Durbin para estimar efectos derrame.

Por otra parte, Tong y Yu (2018) y J. Zhang y Zhang (2021) emplean una metodología de Panel de cointegración y, además, de Panel VAR en el caso de J. Zhang y Zhang (2021). Asimismo, Alam et al. (2021) y Flores y Chang (2021) utilizan el método Autorregresivo de

² Cabe indicar que en esta sección se han incluido estudios publicados antes del 2010 solo si estos analizan los efectos de la infraestructura vial en Perú.

Regresivo de Rezago Distribuido (ARDL) para determinar relaciones a largo plazo; Asher y Novosad (2020) utilizan el método de regresión discontinua y Zhang et al. (2020) emplean el método de Diferencias en Diferencias considerando posibles efectos espaciales.

Por último, resulta pertinente señalar que los estudios de Bonifaz et al. (2008), Vásquez y Bendezú (2008), Aguirre (2012), Urrunaga y Aparicio (2012) y Flores y Chang (2021) realizan un análisis para Perú encontrando que existe una relación positiva entre la infraestructura vial y el crecimiento económico, desigualdad, pobreza, entre otras variables de resultado.

En conclusión, a la luz de lo revisado en esta sección, la medición del efecto y relación entre la infraestructura vial y crecimiento económico ha sido estudiado mediante el uso de diversas metodologías de estimación, variables y en diferentes regiones o países, obteniendo resultados positivos y estadísticamente significativos. A diferencia de lo ya investigado por otros autores, este trabajo de investigación presenta una nueva evidencia de este efecto al incluir dentro del análisis el efecto de la concesión de la infraestructura vial a nivel departamental o regional.

Debe tomarse en cuenta que, las concesiones en infraestructura vial han permitido la construcción de una gran cantidad de kilómetros de carretera y han posibilitado el mejoramiento de infraestructura ya construida elevando los estándares de calidad de los viajes, lo cual impacta en la reducción de tiempos de viaje, mejora el bienestar de la población y permite una mayor movilidad de bienes y personas de distintos departamentos de Perú. Todo ello, a la larga, impacta indirectamente en el crecimiento económico de la región donde se ubica la infraestructura.

3. Metodología

La evaluación de relaciones causales entre variables constituye un aspecto central en la investigación empírica. La prueba de causalidad estadística de Granger (1969) ha sido extensamente empleada con este propósito. Bajo esta prueba se contrasta si $X \rightarrow^{Granger} Y$ y/o $Y \rightarrow^{Granger} X$. Bajo esta prueba se permite explorar tanto relaciones unidireccionales como bidireccionales de causalidad entre las variables en consideración. Para estudiar la causalidad estadística y las relaciones de largo plazo en un contexto de panel de datos, es imperativo realizar una selección cuidadosa de variables que permitan identificar qué modelo se va a estimar. En primer momento, es necesario realizar un análisis de la estacionariedad de las series a través de las pruebas de raíz unitaria tal como lo describe Chang (2018) la sección metodológica.

3.1. Pruebas de Raíz Unitaria

Las pruebas de raíz unitaria son fundamentales para determinar la estacionariedad en un contexto de series temporales, condición necesaria antes de realizar pruebas de causalidad, como la de Granger, ya que la aplicación de estas pruebas a variables no estacionarias puede llevar a resultados de causalidad erróneos.

La literatura más reciente sugiere que las pruebas de raíz unitaria aplicadas a datos de panel tienen mayor poder estadístico que aquellas aplicadas a series temporales. Además, los datos de panel permiten capturar los efectos específicos de cada región. Entre las pruebas recientes de raíz unitaria para datos de panel se incluyen las propuestas por Levin et al. (2002), Im et al. (2003), Breitung (2000), Maddala y Wu (1999), Choi (2001) y Hadri (2000).

3.2. Pruebas de cointegración

En este estudio, se examinan variables como el PBI per cápita, infraestructura vial total, proporción de infraestructura vial pavimentada, cantidad de concesiones y una variable

dummy por la pandemia de la COVID-19. En caso de que las variables resulten ser no estacionarias e integradas del mismo orden se realiza las pruebas de cointegración.

Las pruebas de cointegración en un contexto de datos de panel son las propuestas por Kao (1999), Pedroni (1999), y Johansen y Fisher (Maddala y Wu, 1999). En caso que las variables no cointegren se puede realizar la estimación de un modelo VAR utilizando las diferencias de cada variable; sin embargo, de existir cointegración se estima un modelo VEC.

3.3. Pruebas de causalidad de Granger

Una vez confirmada la presencia relación de cointegración o de largo plazo, conforme a la propuesta de Granger (1969), se establece la existencia de al menos una conexión causal. Sin embargo, las pruebas de cointegración proporcionan información acerca de la cointegración entre las variables X e Y, sin revelar la dirección específica de la causalidad, ya sea unidireccional o bidireccional. Para desentrañar el sentido de la causalidad tanto en el corto como en el largo plazo, es imperativo llevar a cabo la estimación de un Modelo de Corrección de Errores Vectorial (VECM). Este modelo posibilita la identificación de la relación causal a largo plazo, y a partir de esta estructura, se puede determinar la dirección de la causalidad en el corto plazo (Engle y Granger, 1987) utilizando la prueba de causalidad de Granger.

El uso de esta metodología permitirá analizar la relación de la inversión en infraestructura vial, la infraestructura vial pavimentada y la cantidad de concesiones en el crecimiento de variables como el PBI per cápita regional, incorporando el shock externo por la pandemia de la COVID-19.

4. Datos

Para realizar el análisis departamental de la relación entre la infraestructura vial y el crecimiento económico, es necesario contar con información de variables que se encuentren asociadas a estos conceptos. Para el caso de las variables de infraestructura vial se recolectó información de los kilómetros de carreteras existentes a nivel departamental de acuerdo con su condición (pavimentado y no pavimentado), así como, la cantidad de concesiones de infraestructura vial en cada departamento. Con esta información se construyeron las variables infraestructura vial total (IV), la proporción de infraestructura vial pavimentada (PIV_P) y cantidad de concesiones viales (CNS), todas las variables a nivel departamental.

Asimismo, utilizando las variables del PBI a nivel departamental a precios constantes y la cantidad de habitantes por departamento se construyó el PBI per cápita real (PBI_PC) a nivel departamental. Esta variable es empleada para medir el crecimiento económico departamental o regional.

La información fue extraída para cada uno de los 24 departamentos con los que cuenta Perú con una periodicidad anual que va desde el 2010 hasta el 2022. Las fuentes de información fueron las estadísticas publicadas en las páginas web del MTC y el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI).

Respecto de las variables antes mencionadas, en las Figuras 1 y 2 se realiza la comparación sobre cómo ha evolucionado la infraestructura vial total, así como el PBI per cápita de cada departamento entre 2010 y 2022 por cuartiles. Tal como se observa en estas figuras, en la mayoría de los departamentos se mostraron una mejora en cuanto a infraestructura vial y PBI per cápita.

Con relación a la infraestructura vial total se puede observar en la Figura 1 que, en 2010 departamentos como Amazonas, Lambayeque, Moquegua, Tacna y Ucayali se ubicaron en el

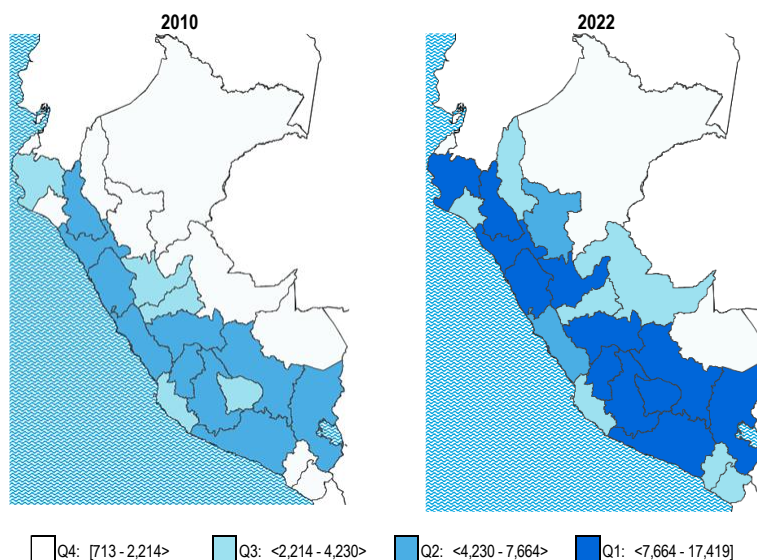
cuarto cuartil (Q4) y en 2022 pasaron al tercer cuartil (Q3), en esa línea San Martín pasó del cuarto al segundo cuartil; por su parte, Apurímac, Huánuco y Piura pasaron del tercer cuartil (Q3) en 2010 al primer cuartil (Q1) en 2022; asimismo, departamentos como Áncash, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Junín, La libertad y Puno pasaron del segundo cuartil (Q2) en 2010 al primer cuartil (Q1) en 2022.

Con relación al PBI per cápita real se puede observar en la Figura 2 que, en 2010 departamentos como Amazonas, Ayacucho, Cajamarca, Huánuco, Lambayeque, Puno, Ucayali se ubicaron en el cuarto cuartil (Q4) y en 2022 pasaron al tercer cuartil (Q3), en esa línea Apurímac, Huancavelica y Junín pasaron del cuarto al segundo cuartil; por su parte, La Libertad, Piura y Tumbes pasaron del tercer cuartil (Q3) en 2010 al segundo cuartil (Q2) en 2022; asimismo, departamentos como Áncash, Cusco, Ica, Lima y Pasco pasaron del segundo cuartil (Q2) en 2010 al primer cuartil (Q1) en 2022.

Al analizar ambas variables durante el periodo 2010 – 2022, se puede observar en la Figura 3 que, a nivel nacional han mostrado un comportamiento similar a través del tiempo; al respecto, la infraestructura vial mostró un crecimiento de 106.29% al pasar de 84, 245 kilómetros en 2010 a 173,785 kilómetros en 2022, equivalente a una tasa de crecimiento promedio interanual de 6.22%; en esa misma línea, el PBI per cápita real mostró un crecimiento de 37.53% al pasar de 12.35 miles de soles en 2010 a 16.99 miles de soles en 2022, equivalente a una tasa de crecimiento promedio interanual de 2.69%.

Adicionalmente, se puede observar que, en el año 2020 el nivel del PBI per cápita real presenta una caída respecto del año anterior, la cual se debería a las restricciones de las actividades económicas producto de la COVID-19, sin embargo, al año siguiente se observa una recuperación del PBI per cápita real. Ello se debería a que el efecto de la COVID – 19 en la economía fue un shock transitorio, tal como se indicó en el Marco Macroeconómico Multianual 2021 – 2024, que la a crisis originada por la COVID-19 es un choque negativo transitorio que se afrontó con medidas transitorias.

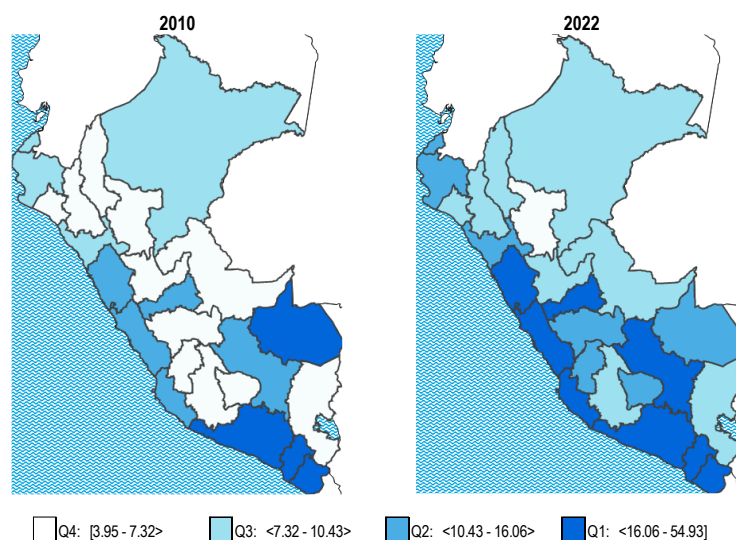
Figura 1: Infraestructura vial total por departamento, 2010-2022 (km de carreteras)



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Elaboración: Propia.

Figura 2: PBI per cápita real por departamento, 2010-2022 (Soles base 2007)

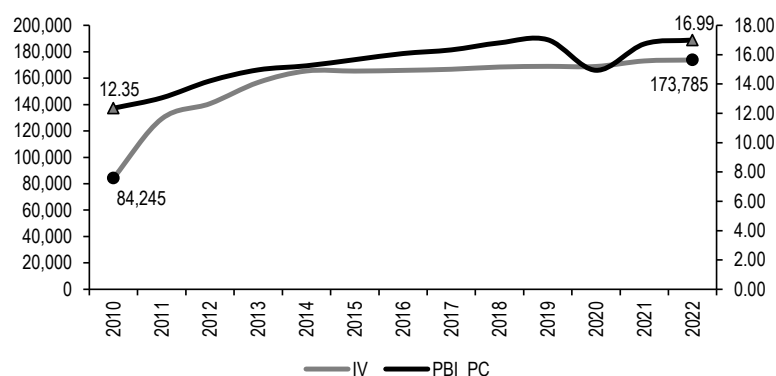


Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INEI).

Elaboración: Propia.

En ese sentido, resulta relevante considerar dentro de la estimación el efecto de la COVID-19, mediante una variable *dummy* para el año 2020. Esta variable no se incluiría en la ecuación de cointegración de largo plazo, debido a que el efecto fue transitorio.

Figura 3: Infraestructura vial y PBI per cápita real, 2010-2022



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INEI) y Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Elaboración: Propia.

5. Resultados

En este estudio se estima el impacto de la infraestructura vial en el crecimiento económico a nivel departamental utilizando la metodología de cointegración para un panel de datos. La evaluación de la cointegración inicia con las pruebas de estacionariedad, seguida de la prueba de cointegración, para luego proceder a la estimación del modelo adecuado y, finalmente, realizar el análisis de causalidad. Es importante destacar que, para el análisis y las estimaciones pertinentes, se emplearon las variables transformadas en logaritmos.

En la presente investigación se estimará el efecto de la infraestructura vial sobre el crecimiento económico a nivel departamental, para ello se ha seguido la metodología propuesta de cointegración para un panel de datos, iniciando con la evaluación de estacionariedad, seguido de la evaluación de cointegración, para luego estimar el modelo correspondiente y finalmente la evaluación de la causalidad. Cabe precisar que, para el análisis y estimación correspondiente, se ha utilizado las variables en logaritmos.

En la Tabla 1 se puede observar que, en las pruebas de Levin, Lin y Chu, Breitung, Im, Pesaran y Shin, ADF - Fisher Chi-cuadrado y PP - Fisher Chi-cuadrado en la mayoría de los casos muestran que, tanto para las especificaciones con intercepto, intercepto y tendencia, así como, sin intercepto ni tendencia, no es posible rechazar la hipótesis nula de presencia de raíz unitaria en los niveles de significancia del 1%, 5% y 10%. Por el contrario, cuando se realizan las pruebas en primeras diferencias de las variables, en todos los casos, se rechaza la hipótesis nula a los niveles usuales de significancia (a excepción de la prueba de Levin, Lin y Chu para la especificación con intercepto y tendencia de la variable LIV y LPIV_P). Por lo que las variables LPBI_PC, LIV, LPIV_P y CNS presentan raíz unitaria, en ese sentido, se puede inferir que, son variables integradas de orden 1 (I(1)).

Tabla 1: Pruebas de raíz unitaria en panel de datos

Variable	Método	Especificación					
		Intercepto		Intercepto y tendencia		Ninguna	
		Niveles	Diferencias	Niveles	Diferencias	Niveles	Diferencias
LPB I_P C	Levin, Lin y Chu t	-8.58***	-13.04***	-7.76***	-10.19***	-2.10**	-19.51***
	Breitung t-stat	--	--	-4.55***	-9.45***	--	--
	Im, Pesaran y Shin W-stat	-8.11***	-14.10***	-5.70***	-11.57***	--	--
	ADF - Fisher Chi-cuadrado	113.51***	202.41***	77.48***	152.88***	20.53	292.06***
	PP - Fisher Chi-cuadrado	190.35***	1697.96***	137.87***	2211.31***	15.54	292.21***
LIV	Levin, Lin y Chu t	3.19	-4.26***	3.85	-0.95	-2.45***	-13.07***
	Breitung t-stat	--	--	-1.8**	-4.34***	--	--
	Im, Pesaran y Shin W-stat	-0.59	-7.81***	-1.48*	-5.27***	--	--
	ADF - Fisher Chi-cuadrado	21.92	107.89***	30.74	71.09***	23.11	178.5***
	PP - Fisher Chi-cuadrado	57.25***	283.24***	84***	225.56***	14.76	367.64***
LPI V_P	Levin, Lin y Chu t	-6.72***	-17.53***	-7.46***	-14.64***	-2.84***	-25.08***
	Breitung t-stat	--	--	-2.32**	0.15	--	--

Variable	Método	Especificación					
		Intercepto		Intercepto y tendencia		Ninguna	
		Niveles	Diferencias	Niveles	Diferencias	Niveles	Diferencias
CNS	Im, Pesaran y Shin W-stat	-6.38***	-20.03***	-8.2***	-16.92***	--	--
	ADF - Fisher Chi-cuadrado	88.7***	291.72***	108.36***	223.91***	26.55	370.79***
	PP - Fisher Chi-cuadrado	154.29***	1083.23***	168.04***	1553.85***	45.55**	273.25***
	Levin, Lin y Chu t	-2.17**	-11.61***	-1.54*	-9.59***	-4.52***	-16.36***
	Breitung t-stat	--	--	-1.18	-13.61***	--	--
	Im, Pesaran y Shin W-stat	-2.9***	-11.00***	0.18	-9.24***	--	--
	ADF - Fisher Chi-cuadrado	44.23**	155.43***	18.97	121.92***	44.76**	238.76***
	PP - Fisher Chi-cuadrado	102.8***	477.41***	64.69***	829.19***	76.66***	413.94***

*** Significativo al nivel del 1%, ** Significativo al nivel del 5% y * Significativo al nivel del 10%.

Nota: La Hipótesis nula de las pruebas es que la serie cuenta con raíz unitaria (RU). Las pruebas de Levin, Lin y Chu t y Breitung t-stat asumen proceso de RU común, mientras que el resto pre pruebas asume un proceso de RU individual.

Elaboración: propia.

Debido a que, todas las variables presentan el mismo orden de integración, I (1), se procede a verificar la relación de largo plazo mediante las pruebas de cointegración de datos de panel de Pedroni, Kao, y Johansen-Fisher.

Respecto a la prueba de Pedroni, se puede observar que de acuerdo con los estadísticos PP-Statistic y ADF-Statistic de la dimensión within y between, es posible rechazar con un nivel de significancia del 1% la hipótesis nula de ausencia de una relación de largo plazo (cointegración) entre el LPBI_PC y las variables LIV, LPIV_P y CNS; asimismo, el estadístico rho – Statistic indica que con un nivel de significancia del 5% para la dimensión within, es posible rechazar con un nivel de significancia del 5% la hipótesis nula; mientras que el estadístico v-Statistic indica que no es posible rechazar la hipótesis nula de no cointegración.

Tabla 2: Pruebas de cointegración en panel de datos

Prueba de Cointegración		LPBI_PC vs LIV, LPIV_P y CNS	
Estadísticos		<i>Within</i>	<i>Between</i>
Pedroni	v - Statistic	-0.680	
	rho - Statistic	-1.707**	-0.337
	PP - Statistic	-3.670***	-4.014***
	ADF - Statistic	-4.566***	-5.936***

Kao	ADF t - Statistic	-1.723**	
	Estadístico de Fisher	<i>Ninguna</i>	<i>Al menos una</i>
Johansen Fisher	Prueba de la Traza	104.1***	7.32
	Prueba del máx. eigen-valor	155.5***	5.556

*** Significativo al nivel del 1%, ** Significativo al nivel del 5% y * Significativo al nivel del 10%.

Elaboración: propia.

Con relación a la prueba de Kao, esta muestra que a un nivel de significancia del 5% es posible rechazar la hipótesis nula de ausencia de cointegración entre LPBI_PC y las variables LIV, LPIV_P y CNS. Asimismo, la prueba de Johansen-Fisher para la traza y el máximo eigen-valor, al 1% de significancia, rechazan la hipótesis nula de ninguna relación de cointegración e indican que no es posible rechazar la hipótesis nula de al menos una relación de cointegración entre LPBI_PC y las variables LIV, LPIV_P y CNS. En ese sentido, a partir de las pruebas de cointegración de Pedroni, Kao y Johansen-Fisher se evidencia que, existe una relación de largo plazo entre las variables analizadas.

En la Tabla 3 se muestra la estimación de la ecuación de cointegración y el VECM y en la Tabla 4 se muestra el análisis de causalidad de corto y largo plazo. Al respecto, se puede observar que existe causalidad en largo plazo unidireccional, de la infraestructura vial total y cantidad de concesiones hacia el crecimiento económico (medido mediante el PBI per cápita real); asimismo, se puede observar que existe causalidad de largo plazo bidireccional, de la proporción de infraestructura vial pavimentada hacia el crecimiento económico y viceversa; mientras que, en el corto plazo existe causalidad bidireccional entre todas las variables analizadas. Si bien en la Tabla 4, se observa que en el largo plazo la causalidad se dirige hacia infraestructura vial total y cantidad de concesiones, el valor del término de corrección de errores (ECM) es positivo, en ese sentido no se presentaría convergencia.

Así, se evidencia que, a los niveles usuales de significancia se rechaza la hipótesis nula de que no existe una relación causal unidireccional en el corto plazo de la infraestructura vial total, proporción de infraestructura vial pavimentada y cantidad de concesiones hacia el PBI per cápita real. En ese sentido, se verificaría que existe causalidad en el sentido de Granger unidireccional en el corto plazo de la infraestructura vial hacia el crecimiento económico. Por su parte, en el largo plazo, el coeficiente del término de corrección de error (ECM) del modelo que va de la infraestructura vial total, proporción de infraestructura vial pavimentada y cantidad de concesiones hacia el PBI per cápita real, es negativo y significativo al 1%, por lo que se presentaría el ajuste hacia el equilibrio de largo plazo.

Tabla 3: Ecuación de cointegración y modelo de corrección de errores (VECM)

<u>Ecuación de cointegración</u>	<u>z_t-1</u>	<u>Error estándar</u>
LPBI_PC(-1)	1.000	
LIV(-1)	-0.295***	0.01724
LPIV_P(-1)	-0.339***	0.07258
CNS(-1)	-0.389***	0.01995
Corrección de errores	D(LPBI_PC)	
ECM_t-1	-0.659***	0.08511

COVID	-0.185*	0.10196
R ajustado		0.595884

*** Significativo al nivel del 1%, ** Significativo al nivel del 5% y * Significativo al nivel del 10%.

El modelo de corrección de errores, además incluye dos rezagos para todas las variables analizadas.

Elaboración: Propia.

A su vez, se puede observar en la Tabla 3 que, las variables incluidas tienen un impacto en el largo plazo positivo y estadísticamente significativo al 1% sobre el PBI per cápita real; a su vez, se observa que el coeficiente de la COVID-19 es negativo y estadísticamente significativo al 10%.

Tabla 4: Causalidad de corto y largo plazo

Variable dependiente	Fuentes de causalidad	
	Corto plazo	Largo plazo
D(LPBI_PC)	D(LIV), D(LPVI_P) y D(CNS) 223.687***	ECM_t-1 -7.745***
D(LIV)	D(LPBI_PC), D(LPVI_P) y D(CNS) 257.693***	ECM_t-1 11.389***
D(LPVI_P)	D(LIV), D(LPBI_PC) y D(CNS) 57.972***	ECM_t-1 -6.546***
D(CNS)	D(LIV), D(LPVI_P) y D(LPBI_PC) 223.465***	ECM_t-1 8.473***

*** Significativo al nivel del 1%, ** Significativo al nivel del 5% y * Significativo al nivel del 10%.

Elaboración: Propia.

En resumen, la infraestructura vial demuestra un impacto positivo y significativo en el crecimiento económico en Perú, coherente con estudios previos. Vásquez y Bendezú (2008) reportaron que un incremento del 1% en los kilómetros de carreteras asfaltadas resultaba en un aumento del PBI del 0.048%. Asimismo, Urrunaga y Aparicio (2012) encontraron que un aumento del 1% en los kilómetros de carretera generaba un incremento del PBI per cápita del 0.0921%. Tong y Yu (2018) señalaron que la infraestructura de transporte de carga tiene un impacto a largo plazo en el crecimiento económico, oscilando entre el 0.37% y el 0.67%. En comparación con los resultados obtenidos indican que un incremento del 1% en la infraestructura vial pavimentada se asocia con un aumento del 0.339% en el PBI per cápita; a su vez encontramos una causalidad bidireccional en el corto plazo entre la infraestructura vial y el crecimiento económico, con un impacto del 0.295%, lo cual está en línea con los hallazgos de Sahoo y Dash (2012), quienes reportaron que un aumento del 1% en el índice de infraestructura incrementa el PBI entre 0.24% y 0.26%.

6. Conclusiones

El objetivo del presente documento de investigación es cuantificar el efecto que tiene la infraestructura vial sobre el crecimiento económico a nivel departamental o regional para Perú.

Cabe indicar que, la infraestructura vial se ha medido como el total de infraestructura vial (kilómetros de carreteras), la proporción de infraestructura vial pavimentada y la cantidad de concesiones viales por departamento. La hipótesis de este trabajo de investigación es que existe relación de causalidad y de cointegración entre la infraestructura vial y el PBI.

Durante el periodo 2010-2022, se observó un notable crecimiento en la infraestructura vial en departamentos como Apurímac (118.2%), Junín (115.7%) y Huánuco (153.0%). Este incremento está asociado con un incremento promedio anual del PBI superior al promedio nacional del 3.9%, con Apurímac creciendo un 14.9%, Junín un 4.8% y Huánuco un 4.6%. Además, departamentos con más concesiones viales, como Lima (5 concesiones) y Lambayeque (3 concesiones), también experimentaron un crecimiento económico significativo del 4.2%. Esto sugiere que las concesiones de infraestructura vial contribuyen al crecimiento económico a nivel departamental a través de una mayor conectividad y menores costos de transporte.

En esa línea, este estudio muestra que existe causalidad de corto y largo plazo unidireccional, de la infraestructura vial total y cantidad de concesiones viales hacia el crecimiento económico y bidireccional para el caso de la proporción de infraestructura vial pavimentada. Asimismo, se ha identificado que el efecto de la infraestructura vial es positivo sobre el crecimiento económico; en particular, se ha encontrado que, a largo plazo, un incremento de 1% adicional en los kilómetros de carretera genera un aumento de 0,295% en el PBI per cápita departamental, un incremento en 1% adicional en la proporción de infraestructura vial pavimentada genera un aumento de 0,339% del PIB per cápita departamental y un aumento de cada unidad en la cantidad de concesiones viales en un mismo departamento genera un incremento del 38,9% en el PIB per cápita departamental.

Cabe señalar que, la presente investigación contribuye a la literatura empírica del sector, debido a que es la primera vez que se emplea un análisis de cointegración y causalidad mediante un panel de datos para medir el impacto de la infraestructura vial sobre el crecimiento económico a nivel departamental para Perú. Además, este estudio también cuantifica el efecto de la concesión de la infraestructura vial a nivel departamental o regional.

Por lo tanto, en vista de los resultados positivos encontrados de la infraestructura vial sobre el crecimiento económico, se sugiere a las autoridades correspondientes incentivar la construcción y concesión de la infraestructura vial a nivel departamental en Perú. Asimismo, se sugiere a las autoridades competentes mejorar el diseño de los contratos de concesión con la finalidad que estos contratos se traduzcan en mayores beneficios para la población del área de influencia de la carretera y para cualquier usuario que haga uso de ella.

7. Referencias

- Agrawal, A., Galasso, A., y Oettl, A. (2017). Roads and innovation. *Review of Economics and Statistics*, 99 (3), 417–434.
- Aguirre, J. (2012). Algunos impactos generales de los contratos de concesión sobre las operaciones de las empresas operadoras de las infraestructuras de transporte y sobre los consumidores en el Perú. *Revista de Derecho Administrativo*, (12), 273-284.
- Alam, K. M., Li, X., Baig, S., Ghanem, O., y Hanif, S. (2021). Causality between transportation infrastructure and economic development in pakistan: An ardl analysis. *Research in Transportation Economics*, 88, 100974.
- Asher, S., y Novosad, P. (2020). Rural roads and local economic development. *American economic review*, 110 (3), 797–823.
- Bonifaz, J. L., Urrunaga, R., y Astorne, C. (2008). Estimación de los beneficios económicos de la carretera interoceánica. *Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico*.
- Breitung, J. (2000). The local power of some unit root tests for panel data. *Advances in Econometrics*, 15, 161–178.
- Chang, V. (2018). Impacto de la inversión en aeropuertos en el desarrollo económico regional: Evidencia empírica de los aeropuertos. *Documento de trabajo N° 2 del Ositrán*.
- Choi, I. (2001). Unit root test for panel data. *Journal of International Money and Finance*, 20 (2), 249–272.
- Dickey, D.A. y Fuller, W.A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74, 427–431.
- Engle, R.F. y Granger, C.W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55 (2), 251–276.
- Fageda, X., y Gonzalez-Aregall, M. (2017). Do all transport modes impact on industrial employment? empirical evidence from the spanish regions. *Transport Policy*, 55, 70–78.
- Fisher, R.A. (1932). *Statistical Methods for Research Workers*, 4th Edition, Edinburgh: Oliver y Boyd.
- Flores, A., y Chang, V. (2020). Relación entre la demanda de transporte y el crecimiento económico: Análisis dinámico mediante el uso del modelo ARDL. *Revista de Economía y Finanzas*, 43 (122).
- Gibbons, S., Lyytikäinen, T., Overman, H. G., y Sanchis-Guarner, R. (2019). New road infrastructure: the effects on firms. *Journal of Urban Economics*, 110, 35–50.
- Granger, C.W.J. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438.
- Hadri, K. (2000). Testing for stationarity in heterogeneous panel data. *Econometrics Journal*, 3, 148–161.
- Im, K.S., Pesaran, M.H. y Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53–74.
- Jia, W., Chen, X., y Sun, C. (2016). Modeling the impact of macroeconomic factors on multimodal transport demand: A cointegration approach. En *Cictp 2016* (pp. 2031–2043).

- Kao, C. (1999). Spurious Regression and Residual-Based Tests for Cointegration, in panel data. *Journal of Econometrics*, 90, 1-44.
- Levin, A., Lin, C.-F. y Chu, C.-S. J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics*, 108(1) 1-24.
- Maddala, G. S. y Wu, S. (1999). A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and a New Simple Test. *Oxford bulletin of economics and statistic*, 108(1), 1-24.
- Maparu, T. y Mazumder, T. (2017). Transport infrastructure, economic development and urbanization in India (1990–2011): Is there any causal relationship?. *Transportation Research Part A*, 100, 319–336.
- Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple Regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, 653-670.
- Sahoo, P., y Dash, R. K. (2012). Economic growth in south Asia: Role of infrastructure. *The Journal of International Trade y Economic Development*, 21 (2), 217–252.
- Tong, T., y Yu, T. E. (2018). Transportation and economic growth in china: A heterogeneous panel cointegration and causality analysis. *Journal of Transport Geography*, 73, 120–130.
- Urrunaga, R., y Aparicio, C. (2012). Infraestructura y crecimiento económico en el Perú. *Revista CEPAL*.
- Vásquez, A., y Bendezú, L. (2008). Ensayos sobre el rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú. *Diagnóstico y propuesta*.
- Zhang, J., y Zhang, Y. (2022). Tourism, transport infrastructure and income inequality: A panel data analysis of china. *Current Issues in Tourism*, 25 (10), 1607–1626.
- Zhang, X., Hu, Y., y Lin, Y. (2020). The influence of highway on local economy: Evidence from china's yangtze river delta region. *Journal of Transport Geography*, 82, 102600.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

