



ARTÍCULO

Relación entre la demanda de transporte y el crecimiento económico: Análisis dinámico mediante el uso del modelo ARDL

Alex Flores^a y Víctor Chang^b

^a Economista por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú

^b PhD en Economía por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y Docente Investigador de la Universidad Ricardo Palma. Lima. Perú

JEL CODES

O47; R41; C32; F63

KEYWORDS:

Transport demand;
Economic growth;
Bounds test; ARDL

Abstract: The objective of this article is to analyze the relationship and measure the impact between transport demand and economic growth in Peru. For this purpose, the procedure developed by Toda and Yamamoto for Granger's non-causality test followed by the estimation of an Autoregressive Distributed Lag (ARDL) is applied. Results show that in most cases is economic growth which drives transport demand with the exception of airport demand where a bidirectional causal relationship was found. In this way, given a 1% increase in Gross Domestic Product (GDP), the demand for airport cargo increases by 0.728%, the demand for airport passengers by 2,536%, paving kilometers of roads by 1,324%, the demand for rail passengers at 0.571% and the demand for port cargo at 1.243%. On the other hand, given a 1% increase in airport cargo demand, GDP increases by 0.778%; while in the face of a 1% increase in passenger demand, GDP increases by 0.334%.

CÓDIGOS JEL

O47; R41; C32; F63

PALABRAS CLAVE:

Demanda de
transporte;
Crecimiento
económico;
Prueba de límites;
ARDL

Resumen: El objetivo del presente artículo es analizar la relación y medir el impacto entre la demanda de transporte y el crecimiento económico en Perú. Para ello se aplica el procedimiento desarrollado por Toda y Yamamoto para la prueba de no causalidad de Granger seguido de la estimación de un Modelo Autorregresivo de Rezago Distribuido (ARDL). Los resultados muestran que en la mayoría de los casos es el crecimiento económico el que impulsa la demanda de transporte, con excepción en la demanda aeroportuaria donde se encontró una relación de causalidad bidireccional. De esta manera, ante un incremento de 1% en el Producto Interno Bruto (PIB) la demanda de carga aeroportuaria se incrementa en un 0,728%, la demanda de pasajeros aeroportuarios en un 2,536%, los de kilómetros pavimentados de carreteras en un 1,324%, la demanda de pasajeros ferroviarios en un 0,571% y la demanda de carga portuaria en un 1,243%. Por otra parte, ante un incremento de 1% en la demanda aeroportuaria de carga el PIB se incrementa en un 0,778%; mientras que ante un incremento de 1% en la demanda de pasajeros el PIB se incrementa en un 0,334%.

Correo electrónico: aa.floresquispe@gmail.com; victor.chang@urp.edu.pe

<https://doi.org/10.32826/cude.v42i122.123>

0210-0266/© 2020 Asociación Cuadernos de Economía. Todos los derechos reservados

1. Introducción

La demanda de transporte es considerada una demanda derivada, debido a que no es un servicio demandado en sí por sus características; sino viene dado por la necesidad de tener bienes y servicios en una región diferente de donde se producen. Por ello, dado el proceso de globalización en el que nos encontramos, donde el tráfico de productos y personas se ha incrementado en cantidades significativas durante los últimos años, resulta natural preguntarnos cuál es la relación que existe entre la demanda de transporte y el crecimiento económico regional.

Al respecto, una mayor demanda de transporte de carga y pasajeros necesita de más y mejor infraestructura de transporte con el fin de reducir externalidades negativas de la congestión. De esta manera, al ser la infraestructura de transporte el sostén de otras actividades que demandan los servicios de transporte, resulta importante su desarrollo.

Según Pradhan y Bagchi (2013), el desarrollo de la infraestructura de transporte puede afectar positivamente al crecimiento económico; al respecto mencionan que, la construcción de infraestructura de transporte aumenta la demanda de insumos intermedios en diferentes sectores de la economía. De la misma manera, Mohmand et al. (2016) menciona que un sistema de transporte competente genera oportunidades de empleo, fomenta el turismo y la inversión extranjera. En esa misma línea, Button y Yuan (2013) argumentan que es posible que el crecimiento económico de una región genere recursos para la inversión en infraestructura de transporte y esta a su vez genere un crecimiento económico adicional en la región.

La infraestructura de transporte eficiente, confiable y adecuada es de vital importancia para el desarrollo de una región, en la medida que permite reducir los costos de transacción y aumentar la productividad de las empresas. Asimismo, dicha infraestructura promueve mayor conectividad de las personas con sus empleos e incentiva el comercio, lo que contribuye positivamente a la realización de inversiones y la generación de empleo (Kirkpatrick y Parker, 2004).

La infraestructura de transporte en Perú ha desempeñado un papel importante en el crecimiento del país, sobre todo en los últimos años con el inicio de las Asociaciones Público Privadas (APP's). De acuerdo con Chang (2018) existe un impacto positivo de la inversión en infraestructura y equipamiento aeroportuario en el desarrollo económico regional de Perú. De la misma manera, Chang y Castro (2018) encuentran que la mayor inversión en los puertos de la Costa oeste del Pacífico Sur (Perú y Chile) ha conllevado a un mayor crecimiento económico macro-regional. Por su parte, Aparco y Chang (2018) en un análisis realizado para las inversiones y los gastos en operación en el puerto del Callao, identifican que estos tienen un impacto económico positivo en el valor agregado y la generación de empleo a nivel nacional. Por otro lado, la conformación de APP's en Perú, también ha permitido mejorar la eficiencia y productividad de las empresas que administran las infraestructuras; en particular, en el caso del sector de infraestructura portuaria, la gestión privada de los terminales portuarios ha promovido mayores inversiones, mejoras en los niveles de servicio, así como incrementos en la eficiencia y produc-

tividad de los terminales portuarios (Chang y Tovar, 2014ab, 2017ab).

Debido a los efectos positivos de la infraestructura de transporte, así como del esquema de APP's para promover mayor inversión en este tipo de infraestructura, los gestores de la política económica en Perú, junto con el sector privado han venido sumando esfuerzos para continuar con la promoción de mayores inversiones y mejorar la calidad de los servicios prestados en las infraestructuras de transporte. A pesar de los avances significativos, la brecha en infraestructura de transporte continúa siendo amplia; asimismo la calidad de los servicios de transporte brindados a nivel nacional aún se encuentra por debajo de otros países de la región como Chile, México, Argentina, Colombia, entre otros. De acuerdo con AFIN (2015) la brecha de largo plazo en infraestructura de transporte en Perú asciende a US\$ 57 499 millones del año 2015. Además, con relación a la calidad de la infraestructura, Perú ocupa el puesto 83 en infraestructura portuaria, el puesto 108 en infraestructura vial, el 85 en infraestructura aeroportuaria y el 87 en infraestructura ferroviaria de un total de 137 países, según lo señalado por *The Global Competitiveness Report 2017-2018* publicado por el Foro Económico Mundial en septiembre de 2017.

Por otra parte, uno de los principales objetivos que persiguen los gestores de política económica en la mayor parte de países en el mundo es el crecimiento económico. En particular, Perú ha tenido un crecimiento económico sostenido en los últimos años, según estadísticas del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). Así, en los últimos diez años el crecimiento económico fue de 4,4% promedio anual, explicado principalmente por las exportaciones, las cuales representan el 30% del PIB.

Dichas exportaciones son realizadas principalmente mediante el uso de infraestructura portuaria y aeroportuaria, por lo que la demanda de servicios de transporte de carga cumple un rol fundamental en la economía de Perú. De la misma manera, la demanda de transporte de pasajeros desempeña un rol importante en el desarrollo de la economía actual ya que posibilita, entre otras cosas, el funcionamiento del mercado laboral, el turismo y las inversiones.

En ese sentido, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la relación entre la demanda de las cuatro infraestructuras de transporte en Perú: puertos, aeropuertos, vías férreas y carreteras, con el crecimiento económico. En el caso de la demanda de transporte por carreteras, al no ser posible la contabilización de vehículos que transitan por el total de la infraestructura vial nacional, se utiliza como variable proxy de tráfico, los kilómetros pavimentados de carretera a nivel nacional. Respecto a la metodología, para determinar la relación entre las variables se emplea el procedimiento desarrollado por Toda y Yamamoto (1995) para la prueba de no causalidad de Granger y se estima un Modelo Autorregresivo de Rezago Distribuido (ARDL) para la medición de los impactos. Los datos para las variables de demanda de carga y/o pasajeros aeroportuarios, ferroviarios y portuarios se obtuvieron desde el primer trimestre de 2000 hasta el segundo trimestre de 2017, en el caso de kilómetros pavimentados de carreteras se utiliza data anual de 1990 hasta 2016.

El presente trabajo de investigación consta de seis secciones, luego de la introducción, en la sección 2 se presenta una revisión de la literatura relevante. En la sección 3 se realiza una descripción de los datos. En la sección 4 se presenta la metodología a emplear. En la sección 5 se muestran los resultados del estudio y en la sección 6 se detallan las conclusiones y las principales recomendaciones de política.

2. Revisión de la literatura

La relación entre la infraestructura de transporte y el crecimiento económico de una región ha sido tratada de diferentes maneras por diversos autores, estas diferencias radican, principalmente, en el uso de diferentes variables para medir el transporte y crecimiento económico, las metodologías empleadas para la contrastación empírica y los tipos de infraestructura de transporte considerados. En la presente sección se hace una revisión de los principales artículos que han analizado la relación entre la demanda de transporte y/o alguna variable de infraestructura con el crecimiento económico.

Al respecto, en la literatura internacional se encuentran diversos estudios que analizan la relación de infraestructura de transporte y crecimiento económico usando como variable de infraestructura el stock de capital, algunos de ellos modelan una función de producción (Aschauer, 1989; Cantos et al., 2005; Chen y Haynes, 2015; Wang, 2002), mientras que otros emplean un análisis multivariado de series de tiempo (Yu et al., 2012). También se encontraron estudios que relacionan la infraestructura de transporte y el crecimiento económico para Perú, los cuales modelan una función de producción empleando una variable de stock de capital, dentro los más destacados se tiene a Machado y Toma (2017) y Urrunaga y Aparicio (2012). Por otra parte, Chang (2018) y Chang y Castro (2018) para el caso del sector aeroportuario y portuario, respectivamente; analizan la relación entre la infraestructura con el crecimiento económico, para ello emplean un modelo de panel de datos no estacionarios.

Adicionalmente de los estudios mencionados en el párrafo anterior, se encontró evidencia empírica de estudios que relacionan la infraestructura de transporte con el crecimiento económico mediante el uso variables de demanda. Los principales estudios que emplean variables de demanda se encuentran resumidos en la Tabla 1.

Tomando en consideración la metodología empleada, la Tabla 1 podría ser clasificada de la siguiente manera: Gao et al. (2016) emplea la metodología de Mínimos Cuadrado Ordinarios; mientras que el resto de estudios realizan un análisis multivariado de series de tiempo, de los cuales tres hacen referencia al uso de la metodología ARDL. De estos tres estudios, Chi y Baek (2013) y Amairia y Amairia (2017) emplean la metodología ARDL para estimar sus elasticidades; mientras que Pradhan et al. (2013) determina la relación de cointegración mediante el uso de la prueba de límites.

Por otra parte, si tomamos en consideración los tipos de infraestructura de transporte empleados la clasificación de los estudios de la Tabla 1 sería como sigue: cuatro de ellos hacen referencia de manera individual a la infraestructura

aeroportuaria, uno a la infraestructura ferroviaria, dos a la infraestructura de carreteras y uno a la infraestructura portuaria. En esa misma línea, seis analizan de manera conjunta las infraestructuras de carreteras y ferrovías; uno al transporte terrestre de manera conjunta; dos a la infraestructura de carreteras, ferrovías y aeropuertos; uno las infraestructuras de carreteras, ferrovías, puertos y aeropuertos y, por último, uno analiza el sistema de transporte en su conjunto.

De los cuatro estudios que hacen referencia a la infraestructura aeroportuaria¹, Chi y Baek (2013) emplean la metodología ARDL; mientras que Button y Yuan (2013), Hakim y Merket (2016) y Rodríguez-Brindis et al. (2015) utilizan la metodología de Vectores Autorregresivos (VAR) y Vector de Corrección de Errores (VEC). En estos cuatro estudios se emplean variables de demanda de carga y pasajeros aeroportuarios. Respecto del cálculo de elasticidades, Chi y Baek (2013) encontraron que en Estados Unidos el incremento en 1% del crecimiento económico genera un incremento en un 7,08% y 1,37% de la demanda de carga y pasajeros aeroportuarios, respectivamente. Por otro lado, Rodríguez-Brindis et al. (2015) encuentran que el incremento en 1% del crecimiento económico en Chile genera un aumento en un 0,95% de la demanda de pasajeros aeroportuarios. Los estudios de Button y Yuan (2013) y Hakim y Merket (2016) analizan la causalidad entre las variables mas no realizan el cálculo de elasticidades.

Kulshreshta et al. (2001) analizan la relación de la infraestructura ferroviaria con el crecimiento económico para la India mediante el uso de la metodología VEC, para lo cual emplean una variable de demanda de carga ferroviaria. Respecto del cálculo de la elasticidad encontraron que, ante un incremento en 1% del crecimiento económico la demanda de carga ferroviaria incrementa entre un 0,83% y 0,92%.

En el caso de los dos estudios que analizan la relación entre la infraestructura de carreteras y el crecimiento económico, se ha encontrado lo siguiente: Vásquez y BendeZú (2008) realizan un estudio para Perú mediante el empleo de la metodología VEC; mientras que, Mohmand et al. (2016) analizan, para Pakistán, la causalidad entre la infraestructura de carreteras y el crecimiento económico mediante la estimación de un modelo de cointegración con datos de panel, para lo ello emplean la variable de kilómetros construidos de carretera.

Veleros et al. (2015) analizan, para México, la relación entre la infraestructura portuaria y el crecimiento económico, para ello emplean la variable de demanda de carga portuaria. En primer momento, determinan la relación de causalidad para luego calcular las elasticidades mediante el uso de un modelo de cointegración. Respecto del cálculo de la elasticidad, encontraron que ante un incremento en una unidad del PIB la demanda de carga portuaria se incrementa entre 1 564 y 6 901 unidades.

Asimismo, de los seis estudios que analizan en conjunto la infraestructura ferroviaria y de carreteras se ha encontrado que Pradhan et al. (2013) y Amairia y Amairia (2017) utilizan la metodología ARDL, el primero utiliza la prueba de límites

¹ Para mayor detalle de estudios que relacionan la infraestructura aeroportuaria y el crecimiento económico revisar a Chang (2018).

para determinar la existencia de relación de cointegración mientras que el segundo, adicionalmente, estima la elasticidad en el largo plazo para Túnez. Por otra parte, Pradhan (2010) mediante la estimación de un modelo VAR determinan la relación de causalidad entre el crecimiento y el índice de infraestructura. Guo et al. (2011), mediante la estimación de un modelo VEC, analiza para China la relación entre la infraestructura de transporte y crecimiento económico, en donde encuentra resultados contrarios a los esperados y hallados en el resto de la literatura; los autores encontraron una relación inversa entre la infraestructura vial y el crecimiento económico, lo cual estaría sustentado en la construcción desmedida de carreteras en zonas montañosas que no aporta al crecimiento económico de China. Pradhan y Bagchi (2013) realizan un análisis de causalidad para la India mediante la estimación de un modelo VEC usando como variable de infraestructura los kilómetros construidos de carretera. Badalyan et al. (2014), mediante la estimación de un modelo de cointegración con datos de panel para Turquía, Georgia y Armenia, analizan la relación entre la infraestructura de transporte y crecimiento económico.

Beyzatlar et al. (2014) analizan la relación de causalidad entre la demanda de transporte terrestres y el crecimiento económico mediante el uso de variables de demanda de carga y pasajeros para 15 países de la Unión Europea. Los autores encuentran que las economías relativamente bien desarrolladas presentan una relación de causalidad bidireccional entre la demanda de carga y el crecimiento económico.

Asimismo, se encontraron dos estudios que analizan la infraestructura ferroviaria, aeroportuaria y carreteras. De ellos, Sahoo y Dash (2012) hacen un análisis en conjunto incluyendo variables de otras infraestructuras como energía y telecomunicaciones mediante la elaboración de un índice de infraestructura usando un Análisis de Componentes Principales para la India, Pakistán, Bangladesh y Sri Lanka. Por otra parte, Ramanathan (2001) estima un modelo VEC utilizando variables de demanda de carga y pasajeros para determinar su relación con el crecimiento económico en la India.

Por su parte, Maparu y Mazunder (2017) analizan la relación entre la infraestructura portuaria, ferroviaria, aeroportuaria y carreteras con el crecimiento económico para la India mediante la estimación de modelos VAR y VEC utilizando variables de demanda de transporte.

Por último, Gao et al. (2016) mediante la estimación de un modelo lineal analiza la relación entre el sistema de transporte y el crecimiento económico en China, para lo cual emplean una variable de demanda de carga. Respecto de la elasticidad, encontraron que ante un incremento de 1% en el crecimiento económico la demanda de carga se incrementa en un 6,13%.

Tal como se muestra en la Tabla 1, no existe un consenso respecto de la dirección de causalidad entre las variables de demanda de transporte y crecimiento económico; sin embargo, existe evidencia que, en la mayoría de casos, la relación de causalidad está orientada del crecimiento económico hacia la demanda de transporte. Según Beyzatlar et al. (2014), quienes realizaron un estudio de causalidad para la Unión Europea, la relación unidireccional de causalidad entre el crecimiento económico y la demanda de

transporte es comúnmente encontrada en países europeos cuyos ingresos son relativamente más bajos; mientras que las relaciones de causalidad bidireccional son comúnmente encontradas en los países europeos cuyos ingresos son relativamente más altos y cuyas economías se encuentran más desarrolladas. En ese sentido, se espera que, en el caso de Perú los resultados arrojen una relación de causalidad unidireccional que iría del crecimiento económico hacia la demanda de transporte, ya que se considera que la economía peruana aún se encuentra en vías de desarrollo.

3. Datos

El presente estudio recoge información para Perú y emplea una estructura de datos de series de tiempo cuyo horizonte temporal va del primer trimestre del 2000 hasta el segundo trimestre del 2017 para todas las variables de demanda de infraestructura aeroportuaria, ferroviaria y portuaria. En el caso de la variable relacionada con infraestructura vial o carreteras se considera una serie anual desde 1990 hasta el 2016. Respecto de la variable relacionada al crecimiento económico, se utilizó series trimestrales y anuales teniendo en consideración el mismo periodo con el que cuenta cada variable de infraestructura de transporte.

Las variables de demanda de infraestructura de transporte utilizadas en este documento son las que se presentan a continuación. Para el caso de la infraestructura aeroportuaria se emplea la demanda de carga (*CARGA_A*) y pasajeros (*PAX_A*) en los aeropuertos de uso público de alcance nacional e internacional medidas en miles de toneladas métricas y miles de pasajeros, respectivamente. En el caso de la infraestructura de carreteras no se cuenta con una variable efectiva de demanda de servicios (tráfico vehicular), es por ello que se emplea, como variable proxy de tráfico y tamaño de infraestructura, la cantidad de kilómetros pavimentados de carretera a nivel nacional (*PAV*)². Asimismo, para el caso de la infraestructura ferroviaria se utiliza la cantidad de pasajeros por kilómetro recorrido (*PAX_F*) en los ferrocarriles de uso público a nivel nacional expresado en miles de pasajeros-kilómetros. Por último, en el caso de la infraestructura portuaria se emplea la cantidad de carga transportada (*CARGA_P*) en los puertos de uso público de alcance nacional e internacional medido en miles de toneladas métricas.

Respecto de la variable de crecimiento económico, se emplea el Producto Interno Bruto per cápita real a precios del año 2000, medido anualmente (*PIBA*) y trimestralmente (*PBIT*), las cuales serán empleadas según la frecuencia que utilizada en la variable de demanda de transporte.

A modo de resumen, la Tabla 2 muestra el listado de variables que se emplea en este trabajo de investigación, sus unidades de medida, su período u horizonte temporal, la frecuencia de los datos y una breve descripción de cada variable.

² De la misma manera, se realizó estimaciones empleando como variable proxy de tráfico y tamaño de infraestructura al número de vehículos que circulan a nivel nacional. Al respecto, los resultados no presentaron diferencias significativas respecto de la variable kilómetros pavimentados de carreteras.

Tabla 1. Revisión de la literatura

Autor	Frecuencia	Ciudad/ Región	Infraestructura Transporte	Variable de transporte	Variable de crecimiento	Metodología	Elasticidad	Principales resultados
Kulshreshtha et al. (2001)	Anual [1960; 1995]	India	Ferrovías	* Carga	* PIB	* VEC	* PIB → carga: [0,827; 0,919]	Encontraron relación entre la demanda de transporte de mercancías con el crecimiento económico y la industrialización.
Ramanathan (2001)	Anual [1956; 1989]	India	Carreteras, Ferrovías y Aeropuertos	* Carga * Pax	* PIB * IPI	* VEC	* IPI → carga: 1,183 * PIB → pax: 1,147	Los modelos de pasajeros y carga se ajustan a sus equilibrios de largo plazo a una tasa moderada de 35% y 40% de ajuste, respectivamente.
Vásquez y Bendezú (2008)	Anual [1940; 2003]	Perú	Carreteras	* Km pav	* PIB per cápita	* VEC	-	La expansión de la infraestructura vial tiene un efecto positivo a largo plazo en el crecimiento económico.
Pradhan (2010)	Anual [1970; 2007]	India	Carreteras y Ferrovías	* Índice infraestructura	* PIB	* VAR (CG)	-	Encontró causalidad unidireccional del índice infraestructura al crecimiento económico.
Guo et al. (2011)	Anual [1964; 2004]	China	Carreteras y Ferrovías	* Km construidos	* PIB	* VEC	* Km carreteras → PIB: -97,10 * Km ferrovías → PIB: 161,43	Contribución positiva de la inversión ferroviaria al PIB y contribución negativa de la inversión vial al PIB a largo plazo.
Sahoo y Dash (2012)	Anual [1980; 2005]	India, Pakistán, Bangladesh y Sri Lanka	Carreteras, Ferrovías y Aeropuertos	* Índice infraestructura	* PIB real	* Panel Cointegración (FMOLS)	* Índice infraestructura → PIB: [0,18; 0,26]	Encontraron causalidad bidireccional entre el crecimiento económico y el índice de infraestructura.
Button y Yuan (2013)	Anual [1990; 2009]	Estados Unidos	Aeropuertos	* Carga	* Ingreso per cápita real	* VAR (CG)	-	Dirección de causalidad débil del transporte de carga aeroportuaria hacia el crecimiento económico.
Chi y Baek (2013)	Mensual [1996-I; 2011-III]	Estados Unidos	Aeropuertos	* Carga * Pax	* Ingreso per cápita real	* ARDL	* PIB → Carga: 7,08 * PIB → Pax: 1,37	El crecimiento económico en EE.UU. tiene un efecto significativo en la expansión del servicio aéreo.
Pradhan y Bagchi (2013)	Anual [1970; 2010]	India	Carreteras y Ferrovías	* Km construidos	* PIB	* VEC (CG)	-	Existe causalidad unidireccional del transporte ferroviario al PIB y causalidad bidireccional entre el transporte por carretera y el PIB.
Pradhan et al. (2013)	Anual [1970; 2012]	India	Carreteras y Ferrovías	* Km construidos * Índice infraestructura	* PIB	* ARDL (Prueba de límites) * VEC (CG)	-	Se encontró causalidad unidireccional de la infraestructura de transporte al crecimiento económico.

Autor	Frecuencia	Ciudad/ Región	Infraestructura Transporte	Variable de transporte	Variable de crecimiento	Metodología	Elasticidad	Principales resultados
Badalyan et al. (2014)	Anual [1982; 2010]	Turquía, Georgia y Armenia	Carreteras y Ferrovías	* Carga * Pax * Km construidos * FBKF	* PIB	* Panel Cointegración (FMOLS y DOLS)	* Carga → PIB: [NS - 0,05] * Pax → PIB: [0,08 - 0,07] * Km → PIB: [0,03 - NS] * FBKF → PIB: [0,30 - 0,38]	Se encontró relación bidireccional de causalidad en el corto y largo plazo entre el PIB y las variables de infraestructura de transporte (inversión y demanda).
Beyzatiar et al. (2014)	Anual [1970; 2008]	UE-15	Transporte terrestre	* Carga * Pax * Gasolina	* PIB per cápita	* Panel Cointegración (CG)	-	Solo las economías relativamente bien desarrolladas muestran causalidad bidireccional entre el transporte de carga y el PIB.
Rodríguez-Brindis et al. (2015)	Trimestral [1986:III; 2014:IV]	Chile	Aeropuertos	* Pax	* PIB real	* VEC	* PIB → Pax: 0,953	Los resultados muestran que existe relación bidireccional entre el tráfico de pasajeros y el crecimiento económico.
Veleros et al. (2015)	Anual [1995; 2013]	México	Puertos	* Carga	* PIB	* VAR (CG) * Cointegración (DOLS)	* PIB → carga: [1 564; 6 901] (En niveles)	Se encontró CG del crecimiento económico hacia la demanda de carga portuaria.
Gao et al. (2016)	Anual [1978; 2014]	China	Sistema de transporte	* Carga	* PIB	* MCO	* PIB → Carga: 6,134	Evidencia de alta correlación empírica entre el PIB y la demanda de carga.
Hakim y Merket (2016)	Anual [1973; 2014]	Asia Meridional (8 países)	Aeropuertos	* Carga * Pax	* PIB per cápita	* Panel Cointegración (CG)	-	Se confirma que la CG es unidireccional a largo plazo y va del PIB al tráfico aéreo de pasajeros y carga.
Mohmand et al. (2016)	Anual [1982; 2010]	Pakistán	Carreteras	* Km construidos	* PIB real	* Panel cointegración (CG)	-	En el corto plazo no se encontró CG; mientras que en el largo plazo el PIB impulsa la inversión en transporte.
Amairia y Amairia (2017)	Anual [1980; 2013]	Túnez	Carreteras y Ferrovías	* Carga * Pax * Km construidos * FBKF	* PIB	* ARDL	* Carga → PIB: 0,460 * Pax → PIB: 0,514 * Km → PIB: 0,520 * FBKF → PIB: [0,018; 0,722]	El estudio proporciona una explicación del aporte de la infraestructura de transporte en el crecimiento económico para Túnez.
Maparu y Mazunder (2017)	Anual [1990; 2011]	India	Carreteras, Ferrovías, Puertos y Aeropuertos	* Km pav * Pax * Carga	* PIB per cápita * urb	* VAR * VEC (según corresponda)	-	Se encontró en la mayoría de casos que la CG va del PIB hacia la demanda de infraestructura de transporte.

Nota: "Pax" denota el número de pasajeros, "FBKF" a Formación Bruta de Capital Físico, "Km" a kilómetros, "PIB" a Producto Interno Bruto, "ARDL" a Autorregresivo de Rezago Distribuido, "FMOLS" a Mínimos Cuadrados Completamente Modificados, "DOLS" a Mínimos Cuadrados Dinámicos, "UE-15" a quince países de la Unión Europea, "CG" a Causalidad de Granger, "VAR" a Vectores Autorregresivos, "MCO" a Mínimos Cuadrados Ordinarios, "VEC" a Vector de Corrección de Errores, "urb" a la tasa de urbanización, "pav" a pavimentados, "PI" a el índice de producción industrial.

Tabla 2. Descripción de variables

Variable	Unidad medida	Período	Frecuencia	Descripción
Aeropuertos				
<i>CARGA_A</i>	Miles TM	[2000-I; 2017-II]	Trimestral	Carga transportada en infraestructura aeroportuaria de uso público.
<i>PAX_A</i>	Miles	[2000-I; 2017-II]	Trimestral	Número de pasajeros en infraestructura aeroportuaria de uso público.
Carreteras				
<i>PAV</i>	Km	[1990; 2016]	Anual	Kilómetros pavimentados de carretera a nivel nacional.
Ferrocarriles				
<i>PAX_F</i>	Miles Pas-Km	[2000-I; 2017-II]	Trimestral	Número de pasajeros por kilómetro recorrido en infraestructura ferroviaria de uso público.
Puertos				
<i>CARGA_P</i>	Miles TM	[2000-I; 2017-II]	Trimestral	Carga transportada en infraestructura portuaria de uso público.
Crecimiento Econ.				
<i>PIBA</i>	Soles	[1990; 2016]	Anual	Producto Bruto Interno per cápita real a precios del año 2000 (100=2000).
<i>PIBT</i>	Soles	[2000-I; 2017-II]	Trimestral	Producto Bruto Interno per cápita real a precios del año 2000 (100=2000).

Nota: Los números "I" y "II" hacen referencia al primer y segundo trimestre, respectivamente, de cada año.

Tabla 3. Estadísticas Descriptivas

Variable	Unidad de medida	N° Obs.	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Estándar
Aeropuertos							
<i>CARGA_A</i>	Miles TM	70	29	97	63	65	20
<i>PAX_A</i>	Miles	70	1 605	8 173	3 870	3 231	2 050
Carreteras							
<i>PAV</i>	Km	27	7 459	25 065	12 677	10 745	5 210
Ferrocarriles							
<i>PAX_F</i>	Miles Pas-Km	70	8 133	43 119	26 162	25 674	6 664
Puertos							
<i>CARGA_P</i>	Miles TM	70	3 850	12 107	7 141	6 258	2 689
Crecimiento Econ.							
<i>PIBA</i>	Soles	27	5 447	12 767	8 306	7 255	2 368
<i>PIBT</i>	Soles	70	1 580	3 364	2 418	2 417	541

Las series de demanda de infraestructura aeroportuaria, ferroviaria y portuaria fueron recogidas del Boletín Estadístico Mensual publicado por el Organismo Supervisor de Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (Ositrán); por otra parte, la serie de kilómetros pavimentados de carreteras fueron obtenidas del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). Por último, las series del Producto Interno Bruto anual y trimestral fueron obtenidas del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

En la Tabla 3 se presentan las principales estadísticas descriptivas de cada variable, es preciso indicar que las variables trimestrales fueron desestacionalizadas mediante el uso del paquete estadístico Tramo Seats; de la misma manera, el análisis econométrico posterior se lleva a cabo con las variables transformadas en logaritmos naturales, lo cual posibilita controlar problemas de heterocedasticidad y

permite la interpretación de impactos en términos de elasticidades.

Debido a que las series presentan desviaciones atípicas, por motivos externos a los que se describen en este documento, se incluyen variables ficticias en las estimaciones de los modelos econométricos para que capturen este efecto externo y así los resultados de las estimaciones no se vean distorsionados.

En ese sentido, se incluye una variable ficticia para cada trimestre del año 2009 debido a los efectos de la crisis financiera de las hipotecas subprime³, dichas variables ficticias serán agregadas en todos los modelos estimados. En esa misma línea, con el fin de recoger las peculiaridades ocurridas en caso se añaden variables ficticias según el

³ Según Dancourt y Jiménez (2009) la crisis financiera en Perú tuvo sus inicios a finales del 2008 y presentó efectos en el 2009.

tipo de infraestructura de transporte que se esté analizando.

En el caso de carreteras se incluye una variable ficticia en el año 2007 que toma el valor de la unidad de ahí en adelante ya que, es a partir de este año cuando se empiezan a concesionar grandes tramos de carreteras en a nivel nacional⁴, que posibilitaron principalmente, grandes inversiones en asfaltado y pavimentación. Según lo señala el MTC, las carreteras concesionadas después del 2007 representan, hasta la fecha, el 62% del total de kilómetros concesionados de carretera a nivel nacional⁵, antes del 2007 se tenían seis contratos de concesión en carreteras firmados bajo la modalidad de APP's y en la actualidad se cuenta con dieciséis de estos contratos de concesión firmados a nivel nacional.

Por otra parte, la demanda de pasajeros ferroviarios se vio afectada a inicios del 2010 por un fenómeno climático que dañó en diversos tramos al Ferrocarril del Sur y Sur Oriente, principalmente en la ruta Cusco - Machu Picchu, lo que produjo que se detuviera el servicio de transporte por varios días dejando aislados a una gran cantidad de turistas que se dirigían a la ciudadela de Machu Picchu. Por tanto, se incluye una variable ficticia en los modelos de demanda de pasajeros ferroviarios en el primer trimestre del 2010.

Por otra parte, para el caso de la demanda de transporte de carga portuaria se incluye una variable ficticia en el cuarto trimestre del 2010 debido al inicio de operaciones del Terminal Muelle Sur Callao que registró, rápidamente, una elevada cuota de mercado en el transporte de carga contenedorizada en el Puerto del Callao y a nivel nacional. Dicho terminal portuario fue construido bajo la modalidad de proyecto greenfield y se encuentra concesionado por la empresa DP World Callao desde el 2006 por un período de 30 años.

En las Figuras 1 a 5 se presentan las series de demanda de infraestructura de transporte tomadas en consideración en este documento. En cada gráfico se agregó una línea vertical para identificar los puntos de quiebre mencionados en los párrafos anteriores, así como la serie del PIB correspondiente. Los gráficos muestran una tendencia creciente de las series y evidencia la posible existencia de una relación de largo plazo entre las variables de demanda y el crecimiento económico. Al respecto, para validar estadísticamente la estacionariedad de las series, así como la relación de largo plazo; se llevará a cabo pruebas de raíz unitaria, cointegración y causalidad estadística.

Figura 1. Producto Bruto Interno y kilómetros pavimentados de carretera

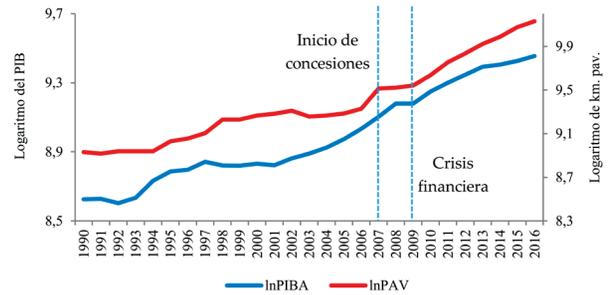


Figura 2. Producto Bruto Interno y carga aeroportuaria

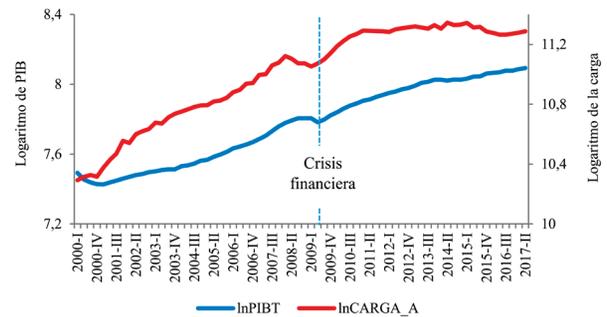


Figura 3. Producto Bruto Interno y pasajeros aeroportuarios

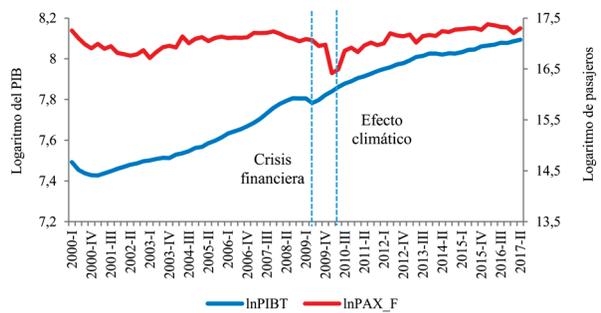
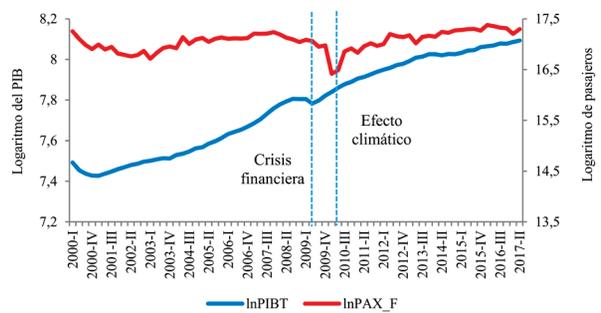


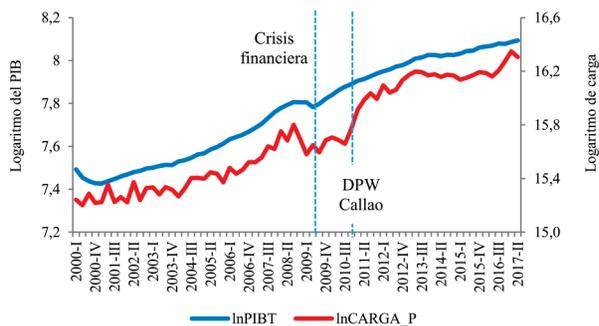
Figura 4. Producto Bruto Interno y pasajeros ferroviarios



⁴ Según MTC (2018) a partir del 2007 se concesionaron diez tramos de carreteras de alcance nacional. En el 2007 se concesionaron la IIRSA Sur Tramo 1, IIRSA Sur Tramo 5 y Empalme 1B - Buenos Aires - Canchaque; en el 2009 se concesionó la Autopista del Sol, Red Vial N°4, Óvalo Chancay - Acos, y Nuevo Motupo - Oyotún; en el 2010 se concesionó la IIRSA Centro Tramo N°2; en el 2013 Dv. Quilca - La Concordia y en el 2014 la carretera Longitudinal de la Sierra Tramo N°2. El periodo de concesión de cada carretera varía entre 15 y 25 años.

⁵ Página web del Ministerio de Transporte y Comunicaciones: <<https://www.mtc.gob.pe/portal/home/concesiones/31%20Concesiones%20Web.pdf>>

Figura 5. Producto Bruto Interno y carga portuaria



4. Metodología

Existen diversos estudios que relacionan a la demanda de transporte y el crecimiento económico, tal como se señaló en la sección de revisión de la literatura. En su mayoría, los artículos se basan en la metodología clásica propuesta por Engle y Granger (1987) y Johansen (1995) donde se estima un modelo VEC para determinar las relaciones a corto y largo plazo. Otros artículos emplean la metodología ARDL, también conocida como el procedimiento de cointegración de prueba de límites. Este último presenta una serie de ventajas que pueden aprovecharse respecto a la metodología de clásica (Pesaran y Shin, 1999; Pesaran et al. 2001).

La metodología clásica requiere que las variables de análisis presenten la condición de no estacionariedad y que, además, cuenten con el mismo orden de integración⁶. Como paso previo a definir si se procede a estimar un modelo de cointegración bajo la metodología de Engle y Granger (1987) y Johansen (1995) se debe definir si el proceso generador de datos es o no estacionario en un sentido débil⁷.

La metodología ARDL relaja la restricción que todas las variables deben tener el mismo orden de integración; es decir, las variables pueden ser estacionarias, integradas de primer orden o una combinación de ambas; sin embargo, no puede ocurrir que sean integradas de segundo orden o superior (Pesaran y Pesaran, 1997) ya que ello invalidaría la confiabilidad de los resultados de la prueba F; es en ese sentido que como paso previo a la estimación de un modelo ARDL se deben realizar pruebas de raíz unitaria de tal manera que se garantice que ninguna variable sea $I(2)$ o superior.

Otra ventaja que presenta la metodología ARDL es que estima resultados más robustos para determinar relaciones de largo plazo cuando se trabaja con muestras pequeñas; por su parte, la metodología de Johansen requiere que la muestra sea de mayor tamaño para obtener resultados más significativos (Pesaran y Shin, 1999; Panapoulou y Pittis, 2004).

⁶ Una variable es integrada de orden d , denotada como $I(d)$, cuando al diferenciarla d veces se hace estacionaria.

⁷ Se dice que existe estacionariedad débil en un Proceso Generador de Datos cuando el primer y segundo momento de su distribución son constantes, es decir que la media y varianzas son invariantes y las covarianzas no depende del tiempo real donde se calcula la covarianza (Hamilton, 1994).

Para determinar el orden de integración de las variables se emplea la prueba de raíz unitaria Aumentada de Dickey Fuller - ADF (Dickey y Fuller, 1979, 1981) y la prueba de raíz unitaria de Phillip Perron - PP (Phillip y Perron, 1988). La prueba ADF plantea un modelo autorregresivo en diferencias mientras que la prueba PP plantea un modelo autorregresivo de primer orden, en ambos casos la hipótesis nula de las pruebas de raíz unitaria es que la serie analizada presenta raíz unitaria o que es estacionaria.

Se opta por utilizar ambas pruebas de raíz unitaria ya que son de amplia aceptación en investigaciones similares; además, presentan ventajas complementarias entre sí. La prueba ADF captura la correlación de orden superior mientras que la prueba PP solo captura la correlación de primer orden; pese a ello la prueba PP no tiene la necesidad de especificar una cantidad de rezagos óptimos como la prueba ADF.

Como paso previo a realizar la estimación de los modelos ARDL, se contrasta el sentido de causalidad entre la demanda de transporte y el crecimiento económico para Perú, para ello se opta por seguir el procedimiento desarrollado por Toda y Yamamoto (1995) para la prueba de no causalidad de Granger ya que presenta la ventaja que puede ser empleada aun cuando las variables no sean integradas del mismo orden o no exista una relación de cointegración.

A este procedimiento también se la conoce como la prueba de no causalidad de Granger aumentada cuya idea es incrementar el orden del VAR, k , en el orden máximo de integración de las variables, d_{max} , de tal forma que se estime un modelo VAR con $k + d_{max}$ rezagos, como se muestra en las ecuaciones [1] y [2],

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_{1i} Y_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \alpha_{2j} Y_{t-j} + \sum_{i=1}^k \delta_{1i} X_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \delta_{2j} X_{t-j} + \mu_{1t} \tag{1}$$

$$X_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_{1i} X_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \beta_{2j} X_{t-j} + \sum_{i=1}^k \phi_{1i} Y_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \phi_{2j} Y_{t-j} + \mu_{2t} \tag{2}$$

Para validar la existencia de causalidad de X hacia Y , como lo especifica la ecuación [1], debe asegurarse mediante una prueba de Wald, que $\delta_{1i} \neq 0; \forall i$. Por tanto, teniendo en consideración la misma idea, para determinar la causalidad de Y hacia X en la ecuación [2] debe aplicarse una prueba de Wald para asegurar que $\phi_{1i} \neq 0; \forall i$.

De esta manera, para analizar la relación entre la demanda de transporte y crecimiento económico para Perú, se especifican cinco modelos ARDL cuya dirección de causalidad está orientada del crecimiento económico hacia la demanda de transporte, como se aprecia en las ecuaciones [3] a la [7], ya que es el resultado de causalidad más común encontrado en la revisión de la literatura; sin embargo, para efectos de estimar los modelos ARDL se tomará en consideración el orden de causalidad que resulte de la aplicación del procedimiento de Toda y Yamamoto (1995).

Demanda de transporte aeroportuario:

$$\begin{aligned} \ln CARGA_A_t = & \alpha_0 + \sum_{k=1}^p \alpha_1 \Delta \ln CARGA_A_{t-k} \\ & + \sum_{k=0}^q \alpha_2 \Delta \ln PIBT_{t-k} + \alpha_3 D_{crisis} + \lambda_1 \ln CARGA_A_{t-1} \\ & + \lambda_2 \ln PIBT_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad [3]$$

$$\begin{aligned} \ln PAX_A_t = & \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_1 \Delta \ln PAX_A_{t-k} + \sum_{k=0}^q \beta_2 \Delta \ln PIBT_{t-k} \\ & + \beta_3 D_{crisis} + \pi_1 \ln PAX_A_{t-1} + \pi_2 \ln PIBT_{t-1} + \epsilon_t \end{aligned} \quad [4]$$

Demanda de infraestructura de carreteras:

$$\begin{aligned} \ln PAV_t = & \gamma_0 + \sum_{k=1}^p \gamma_1 \Delta \ln PAV_{t-k} + \sum_{k=0}^q \gamma_2 \Delta \ln PIBA_{t-k} \\ & + \gamma_3 D_{concesión} + \gamma_4 D_{crisis} + \omega_1 \ln PAV_{t-1} \\ & + \omega_2 \ln PIBA_{t-1} + \zeta_t \end{aligned} \quad [5]$$

Demanda de transporte ferroviario:

$$\begin{aligned} \ln PAX_F_t = & \delta_0 + \sum_{k=1}^p \delta_1 \Delta \ln PAX_F_{t-k} + \sum_{k=0}^q \delta_2 \Delta \ln PIBT_{t-k} \\ & + \delta_3 D_{crisis} + \delta_4 D_{clima10Q1} + \phi_1 \ln PAX_F_{t-1} \\ & + \phi_2 \ln PIBT_{t-1} + \eta_t \end{aligned} \quad [6]$$

Demanda de transporte portuario:

$$\begin{aligned} \ln CARGA_P_t = & \theta_0 + \sum_{k=1}^p \theta_1 \Delta \ln CARGA_P_{t-k} \\ & + \sum_{k=0}^q \theta_2 \Delta \ln PIBT_{t-k} + \theta_3 D_{crisis} + \theta_4 D_{DPW} \\ & + \varphi_1 \ln CARGA_P_{t-1} + \varphi_2 \ln PIBT_{t-1} + \mu_t \end{aligned} \quad [7]$$

En las ecuaciones [3] a la [7] se especifican los modelos de corrección de errores del ARDL donde Δ es el operador de diferencia; p el número de rezagos; λ_i , π_i , ω_i , ϕ_i y φ_i son los coeficientes que representan la relación a largo plazo y α_i , β_i , γ_i , δ_i y θ_i son los coeficientes que representan la dinámica a corto plazo; además se incluyeron variables ficticias por el impacto de la crisis financiera de las hipotecas subprime y por alguna peculiaridad que puede haber afectado la demanda de transporte de cada infraestructura.

Pesaran et al. (2001) muestra que la cointegración o relación a largo plazo se determina por la significancia conjunta de los coeficientes asociados a las variables en niveles, para ello utiliza la prueba F con dos grupos de valores críticos asintóticos (límite inferior y superior), estos límites se calculan usando simulaciones estocásticas específicas según el tamaño de muestra. El límite superior del valor crítico supone que todas las variables son integradas de primer orden, $I(1)$; mientras que el límite inferior supone que todas las variables son estacionarias o integradas de orden cero, $I(0)$. La hipótesis nula de la prueba de límites es las series no presentan relación a largo plazo; por tanto, si el estadístico F calculado cae por encima del valor crítico del límite superior se dice que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis de no relación a largo plazo.

5. Resultados

Si bien es cierto, el modelo ARDL es aplicable independientemente si las variables son estacionarias o integradas de primer orden, los resultados de las pruebas F no son válidas cuando las variables son integradas de segundo orden o superior; en ese sentido, resulta necesario garantizar que ninguna variable sea $I(2)$, para ello se realizan las pruebas de raíz unitaria ADF y PP, presentadas en la Tabla 4.

Los resultados de las pruebas de raíz unitaria muestran que no puede rechazarse, de manera determinante, la hipótesis nula de raíz unitaria en las variables $\ln PAX_A$, $\ln PAV$, $\ln PIBA$ y $\ln PIBT$ cuando estas se realizan con las varia-

Tabla 4. Pruebas de raíz unitaria

Variable	Prueba ADF				Prueba Phillips - Perron				Observaciones
	Nivel		Primera diferencia		Nivel		Primera diferencia		
	Intercepto	Intercepto y tendencia	Intercepto	Intercepto y tendencia	Intercepto	Intercepto y tendencia	Intercepto	Intercepto y tendencia	
Aeropuertos									
$CARGA_A$	-3,785***	-0,503	-3,861***	-5,790***	-3,587***	-0,577	-7,744***	-8,943***	Estacionario - I(0)
PAX_A	1,035	-4,439***	-6,105***	-6,341***	0,714	-2,858	-6,289***	-6,495***	No estacionario - I(1)
Carreteras									
PAV	1,816	-1,072	-4,279***	-4,749***	1,836	-1,072	-4,279***	-4,749***	No estacionario - I(1)
Ferrocarriles									
PAX_F	-2,498	-3,454**	-9,436***	-9,412***	-2,449	-3,454**	-9,648***	-9,622***	Estacionario - I(0)
Puertos									
$CARGA_P$	0,395	-3,464*	-12,176***	-12,109***	-0,116	-3,374*	-12,176***	-12,109***	Estacionario - I(0)
Crecimiento Econ.									
$PIBA$	0,815	-1,589	-3,728***	-3,704**	0,67	-1,833	-3,701**	-3,686**	No estacionario - I(1)
$PIBT$	-0,825	-1,523	-6,113***	-5,952***	0,234	-3,269*	-6,155***	-6,004***	No estacionario - I(1)

Hipótesis nula: la serie tiene raíz unitaria *** significativo al nivel del 1% ** significativo al nivel del 5% * significativo al nivel del 10%

Tabla 5. Prueba de no causalidad de Toda y Yamamoto

Hipótesis Nula	Chi-Cuadrado	Dirección de causalidad
La demanda de carga aeroportuaria no causa el crecimiento económico.	9,841**	$\ln CARGA_A \rightarrow \ln PIBT$
El crecimiento económico no causa la demanda de carga aeroportuaria.	8,492**	$\ln PIBT \rightarrow \ln CARGA_A$
La demanda de pasajeros aeroportuarios no causa el crecimiento económico.	9,737**	$\ln PIBT \rightarrow \ln PAX_A$
El crecimiento económico no causa a la demanda de pasajeros aeroportuarios.	7,012*	$\ln PAX_A \rightarrow \ln PIBT$
Los kilómetros pavimentados de carretera no causa el crecimiento económico.	9,649	—
El crecimiento económico no causa los kilómetros pavimentados de carretera.	31,392***	$\ln PIBA \rightarrow \ln PAV$
La demanda de pasajeros ferroviarios no causa el crecimiento económico.	8,661	—
El crecimiento económico no causa la demanda de pasajeros ferroviarios.	11,089**	$\ln PIBT \rightarrow \ln PAX_F$
La demanda de carga portuaria no causa el crecimiento económico.	8,834	—
El crecimiento económico no causa la demanda de carga portuaria.	17,042***	$\ln PIBT \rightarrow \ln CARGA_P$

*** significativo al nivel del 1% ** significativo al nivel del 5% * significativo al nivel del 10%

bles en niveles; sin embargo, cuando se realizan las pruebas de raíz unitaria con las variables en primeras diferencias es posible rechazar la hipótesis nula de raíz unitaria a un nivel de significancia del 1%, ello que indica que las variables analizadas son no estacionarias e integradas de primer orden, $I(1)$. Por otro lado, al realizar las pruebas de raíz unitaria para las variables $\ln CARGA_A$, $\ln PAX_F$ y $\ln CARGA_P$ se observa que no puede rechazarse la hipótesis nula a los niveles de significancia del 1%, 5% y 10%, ello indica que estas variables son estacionarias. Por tanto, de los resultados encontrados, se puede garantizar que ninguna de las variables en análisis es no estacionaria e integrada de segundo orden, $I(2)$.

Tal como se mencionó en la revisión de la literatura, los estudios no han consensuado en una única relación de causalidad entre la demanda de transporte y crecimiento económico, es en ese sentido que resulta importante evaluar la dirección de la misma para el Perú para lo cual se emplea el procedimiento desarrollado por Toda y Yamamoto (1995) para la prueba de no causalidad de Granger. Los resultados de la prueba de causalidad se presentan en la Tabla 5.

Como se observa, existe relación de causalidad bidireccional entre la demanda de infraestructura aeroportuaria (tanto de carga como de pasajeros) y el crecimiento económico ya que existe suficiente evidencia estadística para rechazar ambas hipótesis nulas de no causalidad. Por otro lado, se encontró que el crecimiento económico es el que impulsa la cantidad de kilómetros pavimentados de carretera, la demanda de pasajeros ferroviarios y la demanda de carga portuaria.

Luego de verificar la causalidad entre las variables de demanda y crecimiento económico, se realiza la estimación de siete modelos ARDL, uno por cada especificación de causalidad. En los Modelos 1 hasta el 4 se analiza la relación entre la demanda aeroportuaria de carga y pasajeros con el crecimiento económico, en el Modelo 5 se analiza la relación entre los kilómetros pavimentados de carretera y el crecimiento económico, en el Modelo 6 se analiza la relación entre la demanda de pasajeros ferroviarios con el crecimiento económico y en el Modelo 7 se analiza la relación entre la demanda de carga portuaria con el crecimiento económico.

El primer paso para estimar los modelos ARDL es determinar las cantidades óptimas de rezagos, los cuales fueron representados por p y q en las ecuaciones [3] a la [7]. Las cantidades óptimas de rezagos han sido especificadas de la forma $(p; q)$ y fueron determinadas utilizando el criterio de información de Schwarz conforme se presenta en la Tabla 6.

El siguiente paso es verificar la existencia de relación a largo plazo (cointegración) entre las variables mediante la prueba de límites o prueba F, esta prueba analiza la significancia conjunta del grupo de variables rezagadas de los modelos estimados. En la ecuación [3] la existencia de relación a largo plazo se evidencia cuando es posible afirmar que $\alpha_1 \neq \alpha_2 \neq 0$. En la Tabla 7 se presentan los resultados de las pruebas de límites para cada modelo, los cuales muestran que existe una relación de cointegración en todos los modelos especificados ya que el valor F calculado sobrepasa al menos el límite superior al nivel de significancia del 10%.

Tabla 6. Cantidad óptima de rezagos

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7
Variable dependiente	$\ln PIBT$	$\ln CARGA_A$	$\ln PIBT$	$\ln PAX_A$	$\ln PAV$	$\ln PAX_F$	$\ln CARGA_P$
Variable explicativa	$\ln CARGA_A$	$\ln PIBT$	$\ln PAX_A$	$\ln PIBT$	$\ln PIBA$	$\ln PIBT$	$\ln PIBT$
Rezagos óptimos	(5; 0)	(3; 4)	(5; 4)	(5; 0)	(1; 5)	(3; 5)	(2; 0)

Nota: La selección de la cantidad de rezagos óptimos se realizó mediante el criterio de información de Schwarz.

Tabla 7. Prueba de límites

Variable dependiente	Modelo	F-statistic	Al 1%		Al 5%		Al 10%		Resultado
			límite inferior	límite superior	límite inferior	límite superior	límite inferior	límite superior	
Cointegración de "lnPIBT" y "lnCARGA_A"									
lnPIBT	Modelo 1	8,178***	5,35	6,017	3,787	4,343	3,143	3,623	Cointegra
lnCARGA_A	Modelo 2	4,282*	5,35	6,017	3,787	4,343	3,143	3,623	Cointegra
Cointegración de "lnPIBT" y "lnPAX_A"									
lnPIBT	Modelo 3	4,465***	5,35	6,017	3,787	4,343	3,143	3,623	Cointegra
lnPAX_A	Modelo 4	10,353***	5,35	6,017	3,787	4,343	3,143	3,623	Cointegra
Cointegración de "lnPIBA" y "lnPAV"									
lnPAV	Modelo 5	8,723***	6,027	6,76	4,09	4,663	3,303	3,797	Cointegra
Cointegración de "lnPIBT" y "lnPAX_F"									
lnPAX_F	Modelo 6	5,582**	5,35	6,017	3,787	4,343	3,143	3,623	Cointegra
Cointegración de "lnPIBT" y "lnCARGA_P"									
lnCARGA_P	Modelo 7	11,713***	5,35	6,017	3,787	4,343	3,143	3,623	Cointegra

Nota: la hipótesis nula es que las series no presentan relación en el largo plazo. Valores críticos presentados por Pesaran et. Al. (2001).
 *** significativo al nivel del 1% ** significativo al nivel del 5% * significativo al nivel del 10%

Tabla 8. Modelo de Corrección de Errores

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7
Variable dependiente	lnPIBT	lnCARGA_A	lnPIBT	lnPAX_A	lnPAV	lnPAX_F	lnCARGA_P
Variable explicativa	lnCARGA_A	lnPIBT	lnPAX_A	lnPIBT	lnPIBA	lnPIBT	lnPIBT
D(Variable dependiente)	D(lnPIBT)	D(lnCARGA_A)	D(lnPIBT)	D(lnPAX_A)	D(lnPAV)	D(lnPAX_F)	D(lnCARGA_P)
ec_{t-1}	-0,045***	-0,069**	-0,039***	-0,161***	-1,001***	-0,252***	-0,515***
DY(t-1)	0,186*	-0,152	0,203*	0,162	-	-0,157	-0,253***
DY(t-2)	0,272**	0,314***	0,413***	0,16	-	-0,247***	-
DY(t-3)	0,153*	-	0,149*	-0,103	-	-	-
DY(t-4)	-0,375***	-	-0,391***	-0,208*	-	-	-
DY(t-5)	-	-	-	-	-	-	-
DY(t-6)	-	-	-	-	-	-	-
DX(t)	-	0,727*	0,051*	-	-0,892**	1,829	-
DX(t-1)	-	0,147	0,024	-	-1,045**	2,889	-
DX(t-2)	-	0,640	0,054**	-	-1,116***	-4,936***	-
DX(t-3)	-	-0,838***	0,055**	-	-0,619**	-2,321	-
DX(t-4)	-	-	-	-	-0,472*	3,852**	-
du_concesión07	-	-	-	-	0,117***	-	-
du_crisis09Q1	-0,005	-0,009	-0,002	-0,019	-	0,029	-0,147***
du_crisis09Q2	-0,026***	0,039*	-0,021***	-0,004	-	-0,021	-0,013
du_crisis09Q3	0,015**	0,03	0,022***	-0,041*	-	-0,134	-0,064
du_crisis09Q4	0,017***	0,034	0,027***	-0,024	-	-0,234**	0,009
du_crisis09	-	-	-	-	-0,130***	-	-
du_clima10Q1	-	-	-	-	-	-0,699***	-
du_DPW10Q4	-	-	-	-	-	-	0,105***
R-cuadrado	0,723	0,551	0,78	0,369	0,819	0,702	0,521
R-cuadrado ajustado	0,683	0,469	0,73	0,278	0,729	0,633	0,473
Criterio Inf, Akaike	-7,87	-5,048	-7,98	-4,753	-4,292	-2,345	-3,156

Nota: "Y" y "X" denotan las variables dependiente e explicativa, respectivamente, de cada modelo.
 ec_{t-1} es el término de corrección de error.
 *** significativo al nivel del 1%; ** significativo al nivel del 5%; * significativo al nivel del 10%.

La prueba de límites nos da una primera vista sobre la relación de cointegración en cada modelo; sin embargo, para tener resultados más robustos acerca de la relación a largo plazo y dirección de la causalidad es necesario realizar la estimación del Modelo de Corrección de Errores.

Los resultados de la estimación del Modelo de Corrección de Errores se presentan en la Tabla 8. En primer lugar, se analiza que los coeficientes de corrección de error (ec_{t-1}) los cuales deberán ser negativos y estadísticamente significativos para afirmar que existe una relación a largo plazo entre las variables analizadas, ello además, validaría el sentido de causalidad en el largo plazo del modelo. En ese sentido, conforme se observa en la Tabla 8 los coeficientes de corrección de error cumplen con las condiciones mencionadas previamente, es decir validan los resultados de la prueba de límites en todos los modelos especificados. Además, en la Tabla 8 se presentan las elasticidades estimadas para el corto plazo donde se incluyen variables ficticias para mantener la estabilidad de los parámetros estimados, tal como se mencionó en la sección de revisión de los datos.

Las variables ficticias $du_crisis09Q1$, $du_crisis09Q2$, $du_crisis09Q3$, $du_crisis09Q4$ y $du_crisis09$ que han sido incluidas para capturar el efecto de la crisis financiera en cada trimestre del 2009 y anualmente al 2009, resultaron significativas en los diferentes modelos especificados, además, como era de esperarse, tuvieron impacto negativo tanto en el PIB como en la demanda de transporte.

Por otra parte, la variable ficticia de carreteras, $du_concesión07$, resultó altamente significativa y positiva en el Modelo 5, lo que indica que las APP's en carreteras tuvieron impacto positivo y significativo en la cantidad de kilómetros pavimentados de carreteras a nivel nacional. Por otro lado, la variable ficticia $du_clima10Q1$, quedó altamente significativa y negativa en el Modelo 6, ello indica que el fenómeno climatológico afectó negativamente a la demanda de pasajeros del Ferrocarril Sur y Sur Oriente. Por último, la variable ficticia $du_DPW10Q4$ usada en el Modelo 10 de demanda de transporte de carga portuaria, quedó positiva y altamente significativa, lo que evidencia que la construcción del Muelle Sur Callao generó un impacto positivo en la demanda de transporte de carga portuaria.

Luego de confirmar la relación de cointegración en los siete modelos especificados, se presentan los coeficientes estimados en el largo plazo, los que son agrupados según el tipo de infraestructura de transporte.

La Tabla 9 presenta los coeficientes estimados para las relaciones a largo plazo de los Modelos 1 al 4, los cuales indican la relación entre la demanda de transporte aeroportuario y el crecimiento económico. Con respecto a la demanda de carga aeroportuaria se evidencia que ante un incremento de 1% en esta demanda el PIB se incrementa en un 0,779% y que, en dirección opuesta, ante el incremento de 1% en el PIB la demanda de carga aeroportuaria se incrementa en un 0,728%. Por otro lado, en relación a la demanda de pasajeros aeroportuarios se halló que ante un incremento de 1% en esta demanda el PIB se incrementa en un 0,334%, en sentido opuesto, ante un incremento de 1% en el PIB la demanda de pasajeros aeroportuarios se incrementa en un 2,536%.

Tabla 9. Elasticidades de demanda de transporte aeroportuario

Estimación ARDL	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
	$\ln PIBT$	$\ln CARGA_A$	$\ln PIBT$	$\ln PAX_A$
Intercepto	-0,649	5,417*	2,805**	-4,590***
$\ln PIBT$	-	0,728*	-	2,536***
$\ln CARGA_A$	0,778***	-	-	-
$\ln PAX_A$	-	-	0,334***	-

*** significativo al nivel del 1%, ** significativo al nivel del 5% y * significativo al nivel del 10%

En la Tabla 10 se presentan las elasticidades estimadas para el Modelo 5, el cual indica la relación entre crecimiento económico y los kilómetros pavimentados de carretera. Conforme a los resultados encontrados se observa que ante un incremento de 1% en el PIB los kilómetros pavimentados de carretera se incrementan en un 1,324%.

Tabla 10. Elasticidades en Carreteras

Estimación ARDL	Modelo 5
	$\ln PAV$
Intercepto	-2,383***
$\ln PIBA$	1,324***

*** significativo al nivel del 1%, ** significativo al nivel del 5% y * significativo al nivel del 10%

En la Tabla 11 se presenta las elasticidades del Modelo 6, el cual hace referencia a la relación entre el crecimiento económico y la demanda de pasajeros ferroviarios, en donde se observa que ante un incremento en el PIB de 1% la demanda de pasajeros ferroviarios se incrementa en un 0,571%.

Tabla 11. Elasticidades de demanda de pasajeros ferroviarios

Estimación ARDL	Modelo 6
	$\ln PAX_F$
Intercepto	12,662***
$\ln PIBT$	0,571***

*** significativo al nivel del 1%, ** significativo al nivel del 5% y * significativo al nivel del 10%

Por último, en la Tabla 12 se presenta las elasticidades de la demanda de carga portuaria representadas por el Modelo 7, el cual hace referencia a la relación entre la demanda de carga portuaria y el crecimiento económico. Según las elasticidades estimadas se encuentra que ante un incremento de 1% en el PIB la demanda de transporte de carga portuaria se incrementa en un 1,243%.

Tabla 12. Elasticidades de demanda de carga portuaria

Estimación ARDL	Modelo 7
	$\ln CARGA_P$
Intercepto	6,006***
$\ln PIBT$	1,243***

*** significativo al nivel del 1%, ** significativo al nivel del 5% y * significativo al nivel del 10%

Finalmente, para asegurar que los resultados de las estimaciones presentadas sean robustos, se realiza las pruebas de estabilidad de parámetros de CUSUM y CUSUM cuadrado mostradas en las Figuras 6 a la 12; en ellas se observa que existe estabilidad de los parámetros estimados para los siete modelos especificados, ya que, el CUSUM y CUSUM cuadrado no sobrepasan las bandas de significancia al nivel del 5%.

Figura 6. Cusum y Cusum cuadrado del Modelo 1

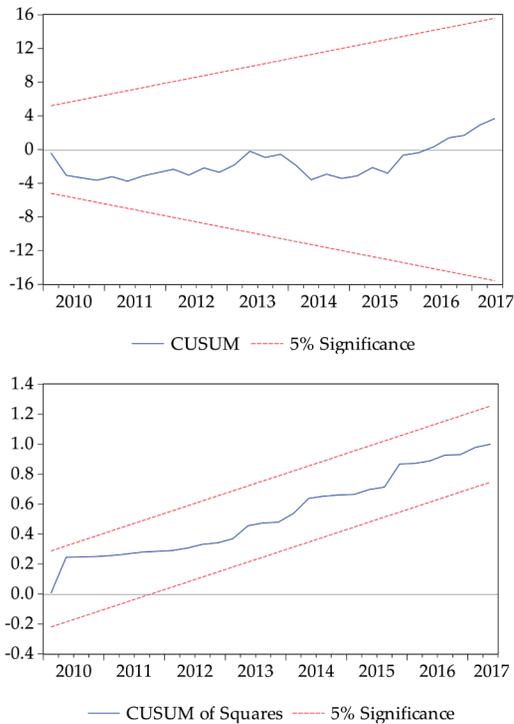


Figura 7. Cusum y Cusum cuadrado del Modelo 2

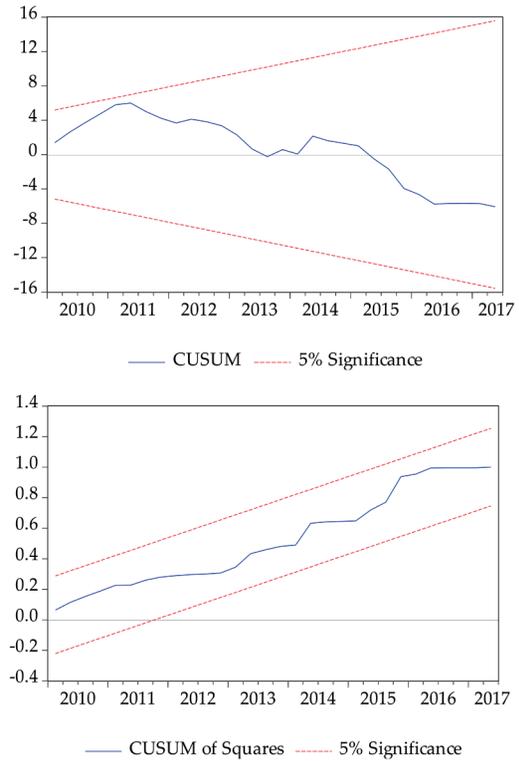


Figura 8. Cusum y Cusum cuadrado del Modelo 3

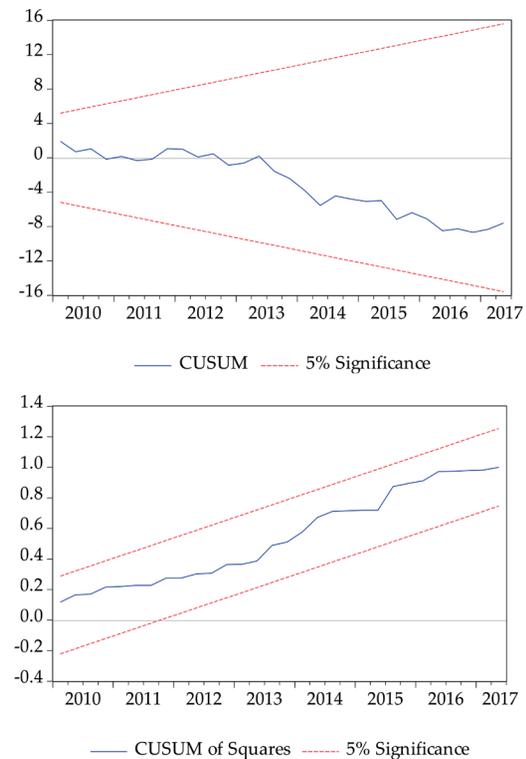


Figura 9. Cusum y Cusum cuadrado del Modelo 4

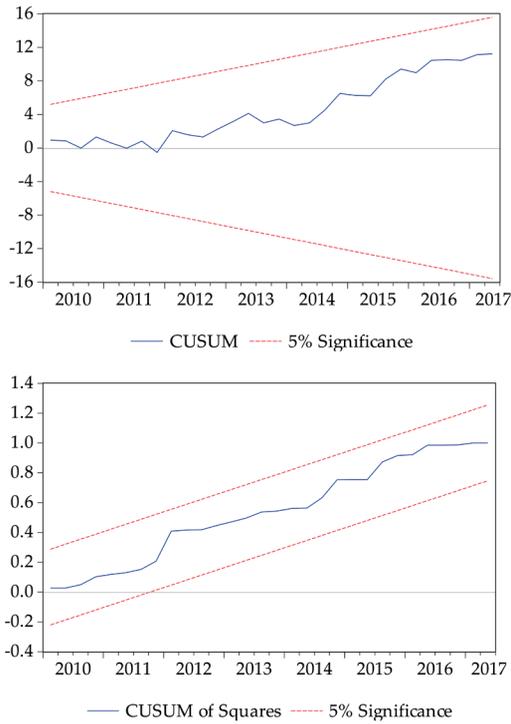


Figura 11. Cusum y Cusum cuadrado del Modelo 6

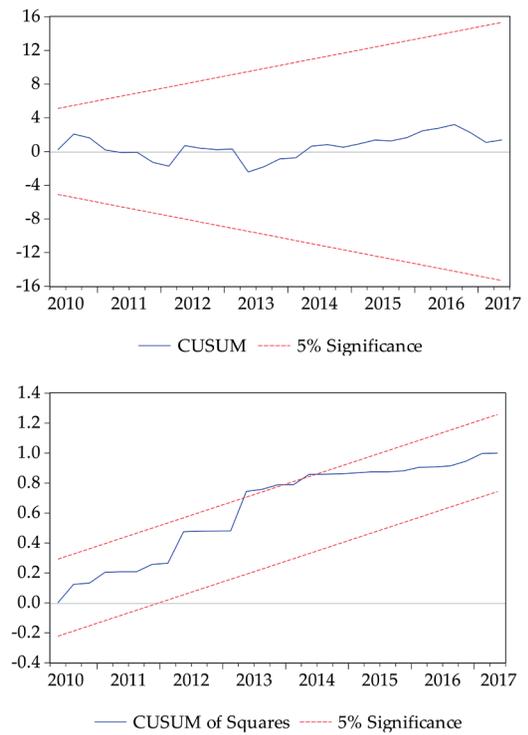


Figura 10. Cusum y Cusum cuadrado del Modelo 5

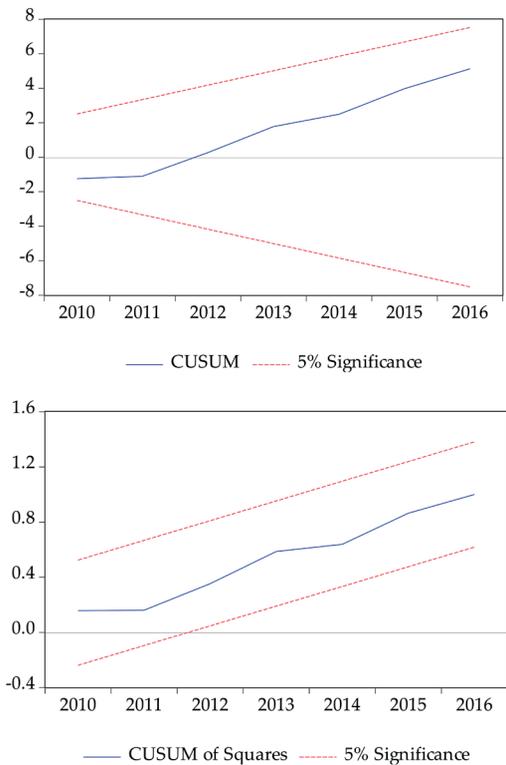
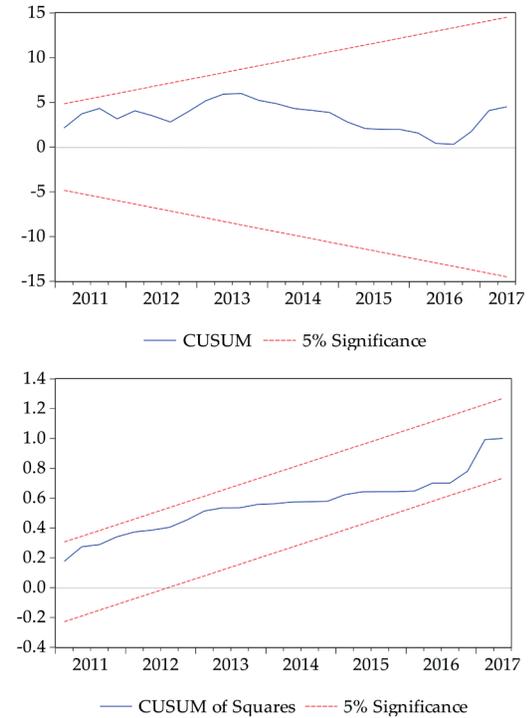


Figura 12. Cusum y Cusum cuadrado del Modelo 7



6. Conclusiones y recomendaciones de política

El objetivo de la presente investigación es analizar la relación y medir el impacto entre la demanda de transporte y el crecimiento económico en Perú. Para tal fin, se aplica el procedimiento desarrollado por Toda y Yamamoto (1995) para la prueba de no causalidad de Granger y la estimación del Modelo Autorregresivo de Rezago Distribuido (ARDL) que nos permite determinar las relaciones en el corto y largo plazo. Esta investigación contribuye a la literatura empírica ya que es el primer estudio en Perú que analiza la demanda de las cuatro infraestructuras de transporte con el crecimiento económico, además, desde el punto de vista metodológico, se ha encontrado pocos estudios en la literatura internacional que empleen la metodología ARDL para determinar la relación entre demanda de transporte y crecimiento económico.

El análisis de causalidad evidencia que para Perú existe relación bidireccional entre la demanda de transporte de carga y pasajeros aeroportuarios con el crecimiento económico. También se encuentra que el crecimiento económico es quien causa los mayores kilómetros pavimentados de carretera, así como la mayor demanda de pasajeros ferroviarios y la demanda de carga portuaria. Cabe señalar, que los resultados de causalidad obtenidos son consistentes con los resultados encontrados en países en vías desarrollo, donde se evidencia mayormente una relación unidireccional del crecimiento económico hacia la variable asociada con la demanda de transporte.

Por otro lado, la evidencia empírica muestra que la crisis financiera afectó negativamente el crecimiento del Producto Interno Bruto, así como a la demanda de transporte. De la misma manera, el fenómeno climatológico acontecido en el primer trimestre del 2010, afectó negativamente la demanda de pasajeros del Ferrocarril Sur y Sur Oriente. Por su parte, los resultados evidencian que las APP's en carreteras han generado un impacto positivo en la economía, así como la construcción del Muelle Sur Callao, el cual se encuentra administrado por la empresa DP World Callao mediante la firma de un contrato de concesión bajo la modalidad de APP's.

En relación con los impactos, se encontró que ante un incremento de 1% en el Producto Interno Bruto, la demanda aeroportuaria de carga y pasajeros se incrementa en un 0,728% y 2,536%, respectivamente. Mientras que el incremento de 1% en la demanda de carga y pasajeros aeroportuarios genera un incremento en un 0,778% y 0,334% en el Producto Interno Bruto, respectivamente. Asimismo, ante un incremento de 1% en el Producto Interno Bruto los kilómetros pavimentados de carretera se incrementan en un 1,324%, la demanda de pasajeros ferroviarios en un 0,571% y la demanda de carga portuaria en un 1,243%.

La baja elasticidad ingreso en la demanda de pasajeros ferroviarios, así como la elevada elasticidad ingreso en la demanda de pasajeros aeroportuarios podría explicarse por las características de los usuarios de dichas infraestructuras. En el caso del transporte ferroviario existe una gran cantidad de pasajeros internacionales que viajan a la ciudadela de Machu Picchu, los cuales no se ven afectados

por los ingresos internos; mientras que, en el caso de la demanda aeroportuaria, esta contiene una gran proporción de pasajeros nacionales, los cuales se ven afectados directamente, por los ingresos generados dentro del país.

Por lo tanto, se sugiere a los entes gestores de la política económica en Perú eviten el retraso de los procesos de concesión de las infraestructuras de transporte e impulsen mayores inversiones, sobre todo en aeropuertos, debido a que es la demanda de pasajeros aeroportuarios la que tiene mayor impacto en el crecimiento económico. De esta manera, es importante que se agilice la entrega en concesión del tercer grupo de aeropuertos regionales: Jaén, Jauja, Huánuco, Ilo Yurimaguas, Chimbote, Rioja y Tingo María; el resto de aeródromos de uso público que formarían parte del cuarto grupo; así como la concesión del Aeropuerto de Chinchero en Cusco.

Por otro lado, es recomendable que Perú mantenga una estabilidad política adecuada, mejore la autonomía y su nivel de institucionalidad, con el fin de atraer mayor inversión privada en el sector transporte que permita lograr un crecimiento económico sostenido. Al respecto, la mayor inversión podría traer consigo beneficios directos en la población, como la reducción del costo generalizado del transporte, el aprovechamiento de las externalidades de red debido a la mayor conectividad, lo que a su vez permite incentivar el comercio y turismo interno.

Referencias

- Aparco, E. y Chang, V., 2018. Medición del impacto económico de las terminales portuarias del Callao: Un análisis mediante la Matriz Insumo - Producto, *Estudios de Economía Aplicada* 36 (3), 743 - 764.
- Amairia, R., Amairia, B., 2017. Transport Infrastructure and Economic Growth: New Evidence from Tunisia an ARDL Bounds Testing Approach. *Journal of Infrastructure Development* 9(2), 98-112.
- Aschauer, D.A. (1989). Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics* 23, 177-200.
- Badalyan, G., Herzfeld, T., Rajcaniova, M., 2014. Transport infrastructure and economic growth: Panel data approach for Armenia, Georgia and Turkey. Artículo presentado en el 142° Seminario de la Asociación Europea de Economistas Agrícolas Growing Success? Agricultura y desarrollo rural en una engrandecida UE, 29 y 30 de mayo de 2014.
- Beyzatlar, M.A., Karacal, M., Yetkiner, H., 2014. Granger-causality between transportation and GDP: A panel data approach. *Transportation Research Part A* 63, 43-55.
- Button, K., Yuan, J., 2013. Airfreight Transport and Economic Development: An Examination of Causality. *Urban Studies* 50(2), 329-340.
- Cantos, P., Gumbau-Albert, M., Maudos, J., 2005. Transport infrastructures, spillover effects and regional growth: evidence of the Spanish case. *Transport Reviews* 25(1), 25-50.
- Chang, V., 2018. Las Asociaciones Público Privadas como motor del desarrollo económico regional: Evidencia empírica de los aeropuertos peruanos. Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de uso Público. Documento de Trabajo. Septiembre de 2018
- Chang, V. y Castro, F., 2018. Infraestructura portuaria y crecimiento económico regional en la Costa Oeste del Pacífico Sur: Un análisis de causalidad de Granger. *Revista de Análisis Económico y Financiero* 1(1), 43-52.
- Chang, V. y Tovar, B., 2014a. Efficiency and productivity changes for Peruvian and Chilean ports terminals: A parametric distance functions approach, *Transport Policy*, 31, 83-94.
- Chang, V. y Tovar, B., 2014b. Drivers explaining the inefficiency of Peruvian and Chilean ports terminals, *Transportation Research Part E*, 67, 190-203.
- Chang, V. y Tovar, B., 2017a. Heterogeneity unobserved and efficiency: A latent class model for west coast of south pacific port terminals, *Journal of Transport Economics and Policy*, 51(2), 139-156.
- Chang, V. y Tovar, B., 2017b. Metafrontier analysis on efficiency and productivity for west coast of south pacific terminals, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 103, 118-134.
- Chen, Z., Haynes, K.E., 2015. Regional Impact of Public Transportation Infrastructure: A Spatial Panel Assessment of the U.S. Northeast Megaregion. *Research and Practice* 29(3), 275-291.
- Chi, J., Baek, J., 2013. Dynamic relationship between air transport demand and economic growth in the United States: A new look. *Transport Policy* 29, 257-260.
- Dancourt, O., Jiménez, F., 2009. Crisis internacional. Impactos y respuestas de política económica en el Perú. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Dickey, D.A., 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.
- Dickey, D.A., Fuller, W.A., 1981. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica* 49(4), 1057-1072.
- Gao, Y., Zhang, Y., Li, H., Peng, T., Hao S., 2016. Study on the Relationship Between Comprehensive Transportation Freight Index and GDP in China. *Procedia Engineering* 137, 571-580.
- Guo, J., Guo, J., Xia, J., 2011. Econometrical Investigation on Infrastructure Investment and Economic Development in China: A Case Study Using Vector Autoregression Approach. *KSCE Journal of Civil Engineering* 15(3), 561-567.
- Hakim, M.M., Merket, R., 2016. The causal relationship between air transport and economic growth: Empirical evidence from South Asia. *Journal of Transport Geography* 56, 120-127.
- Hamilton, J.D., 1994. *Time Series Analysis*. Princeton University Press, New Jersey.
- Kirkpatrick, C., Parker, D., 2004. Regulatory impact assessment and regulatory governance in developing countries. *Public Administration and Development* 24(4), 333-44.
- Kulshreshtha, M., Nag, B., Kulshreshtha, M., 2001. A multivariate cointegrating vector auto regressive model of freight transport demand: evidence from Indian railways. *Transportation Research Part A* 35, 29-45.
- Machado, R., Toma, H., 2017. Crecimiento económico e infraestructura de transportes y comunicaciones en el Perú. *Economía* 40(79), 9-46.
- Maparu, T.S., Mazumder, T.N., 2017. Transport infrastructure, economic development and urbanization in India (1990-2011): Is there any causal relationship?. *Transportation Research Part A* 100, 319-336.
- Mohmand, Y.T., Wang, A., Saeed, A., 2016. The impact of transportation infrastructure on economic growth: empirical evidence from Pakistan. *Transportation Letters: the International Journal of Transportation Research* 9, 63-69.
- Panapoulou, E., Pittis, N., 2004. A comparison of autoregressive distributed lag and dynamic OLS cointegration estimators in the case of a serially correlated cointegration error. *The Econometrics Journal* 7, 585-617.
- Pesaran, M.H., Pesaran, B., 1997. *Working with Microfit 4.0: Interactive Econometric Analysis*. Oxford, Oxford University Press.
- Pesaran, M.H., Shin, Y. 1999. An Autoregressive Distributed Lag Modeling Approach to Cointegration Analysis. *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch centennial Symposium*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pesaran, M.H., Shin, Y., Smith, R.J., 2001. Bounds testing approaches to the analysis of level relationship. *Journal of Applied Economics* 16, 289-326.
- Phillips, P.C.B., Perron, P., 1988. Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika* 75(2), 335-346.

- Pradhan, R.P., Bagchi, T.P., 2013. Effect of transportation infrastructure on economic growth in India: The VECM approach. *Research in Transportation Economics* 38, 139-148.
- Pradhan, R.P., 2010. Transport Infrastructure, Energy Consumption and Economic Growth Triangle in India: Cointegration and Causality Analysis. *Journal of Sustainable Development* 3(2), 167-173.
- Pradhan, R.P., Norman, N.R., Badir, Y., Samadhan, B., 2013. Transport Infrastructure, Foreign Direct Investment and Economic Growth Interactions in India: The ARDL Bounds Testing Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 104, 914-921.
- Ramanathan, R., 2001. The long-run behaviour of transport performance in India: a cointegration approach. *Transportation Research Part A* 35, 309-320.
- Rodríguez-Brindis, M.A., Mejía-Alzate, M.L., Zapata-Aguirre, S., 2015. La causalidad entre el crecimiento económico y la expansión del transporte aéreo: un análisis empírico para Chile. *Revista de Economía del Rosario* 18(1), 127-144.
- Sahoo, P., Dash, R.K., 2012. Economic growth in South Asia: Role of infrastructure. *The Journal of International Trade y Economic Development* 21(2), 217-252.
- Toda, H.Y., Yamamoto, T., 1995. Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics* 66, pp. 225-250.
- Urrunaga, R., Aparicio, C., 2012. Infraestructura y crecimiento económico en el Perú. *Revista CEPAL* 107, 157-177.
- Vásquez, A., Bendezú, L., 2008. Ensayos sobre el Rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú. Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES) y Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), Lima.
- Veleros, Z.S.H., De La Merced, G.D., Orihuela, D.V., 2015. El puerto del Cuarto Polo de Desarrollo: relación de largo plazo entre la API de Lázaro Cárdenas y el PIB de México, 1995-2013. *Paradigma económico* 7 (1), 49-85.
- Wang, E.C., 2002. Public infrastructure and economic growth: a new approach applied to East Asian economies. *Journal of Policy Modeling* 24, 411-435.
- Yu, N., De Jong, M., Storm, S., Mi, J., 2012. Transport Infrastructure, Spatial Clusters and Regional Economic Growth in China. *Transport Reviews* 32(1), 3-28.