

Economía aplicada

Ensayos de investigación económica 2019

26.417

- Sergio Argüelles Catare
- Víctor Andrés Carranza Meneses
- Sebastián Dueñas Roldán
- Gonzalo Fernández Salgado
- Alonso Guerrero Castañeda
- Ariana Gutiérrez Beltrán
- María Pía López Lazo
- Edicson Luna Román
- Carlos Monteagudo Guzmán
- Ariel Rubén Pajuelo Muñoz
- Gonzalo Torres Miró Quesada
- Renato Juan Trujillo Galindo
- Lucía Valdivieso Mendoza
- Gonzalo Alejandro Vidalón Véliz

Con la colaboración de:
Karina Angeles Mendoza



UNIVERSIDAD
DEL PACÍFICO

60
AÑOS

Economía aplicada

Ensayos de investigación
económica 2019

Sergio Argüelles Catare
Víctor Andrés Carranza Meneses
Sebastián Dueñas Roldán
Gonzalo Fernández Salgado
Alonso Guerrero Castañeda
Ariana Gutiérrez Beltrán
María Pía López Lazo
Edicson Luna Román
Carlos Monteagudo Guzmán
Ariel Rubén Pajuelo Muñoz
Gonzalo Torres Miró Quesada
Renato Juan Trujillo Galindo
Lucía Valdivieso Mendoza
Gonzalo Alejandro Vidalón Véliz

Con la colaboración de:
Karina Angeles Mendoza



Servicio de transporte público: ¿genera impacto en la productividad laboral de los ciudadanos de Lima Metropolitana y el Callao entre 2016 y 2018?¹⁷

Ariana Gutiérrez Beltrán
María Pía López Lazo

Introducción

En Lima es evidente el problema de una alta congestión vehicular, explicado en parte porque el parque automotor limeño, que es el más grande del Perú (Posada, 2018)¹⁸, representa el 66% del total de vehículos de transporte particular (autos) en el país. Así, el 25% de la población limeña se demora más de dos horas al día en trasladarse de su domicilio al trabajo y pasa más de 60 horas mensuales en su auto (Banco de Desarrollo de América Latina [CAF], 2017, p. 10). Por tanto, la necesidad de reducir la congestión vehicular en Lima es indiscutible.

Para ello, se requiere una reforma en el transporte público que tenga como objetivo mejorar la conectividad urbana y reducir el tráfico al brindar un transporte público eficiente como alternativa de movilidad. La disponibilidad de un buen servicio de transporte público es fundamental en una economía, dado que una persona carente de medios de transporte adecuados ve restringido su acceso a mejores oportunidades laborales y educativas, y a otras actividades importantes para su productividad y la de su país (Boarnet, 2007).

¹⁷ Este ensayo es una versión resumida y editada del Trabajo de Investigación Económica que, con el mismo título, fue aprobado en noviembre de 2019. Las autoras agradecen a su asesor, el profesor Jorge Luis Bonifaz, por el gran apoyo brindado en conocimientos y dedicación de tiempo durante la realización de la investigación; así como al Observatorio Lima Cómo Vamos por la información proporcionada de las encuestas Percepción Sobre Calidad de Vida en Lima y Callao.

¹⁸ Según la Cámara de Comercio de Lima, en 2016, el parque automotor de Lima y el Callao alcanzó 1.752.919 vehículos (Posada, 2018).

El servicio de transporte público en Lima está dividido en dos categorías: el transporte tradicional, con vehículos para una limitada cantidad de pasajeros (combis, *coasters* y buses); y el transporte no tradicional, con sistemas de alta capacidad (Metropolitano, Metro de Lima y corredores segregados). El transporte tradicional es el más empleado en Lima Metropolitana, por un 58,3% del total de usuarios, pese a ser menos eficiente que el transporte no tradicional, cuya participación es de solo un 7,6% (Encuesta Lima Cómo Vamos, 2018). Esta encuesta señala que el 35,1% de las personas que se movilizaron por trabajo o estudios en Lima manifestó que su viaje le tomó más tiempo que el año anterior, lo cual sugiere un aumento en la congestión vehicular.

Harriet, Poky y Emmanuel (2013, p. 232) demostraron que en Ghana la congestión vehicular genera un impacto negativo en la productividad laboral, ya que los trabajadores pierden en promedio 52,8 minutos al día (9,4% del tiempo trabajado) y llegan tarde al trabajo. Asimismo, Scott (2014) concluyó que un mayor tiempo de desplazamiento en transporte público lleva a una reducción en el ingreso. Se infiere así que el uso de transporte público no tradicional, al disminuir la congestión vehicular, incrementará la productividad laboral de los trabajadores limeños, reflejada en un aumento de sus ingresos laborales.

En línea con lo anterior, el principal objetivo de nuestra investigación es demostrar que el servicio de transporte público afecta la productividad laboral, medida como los ingresos laborales. Un segundo objetivo es identificar el nivel de este impacto, en caso exista, y en cuánto depende del tipo de transporte público (tradicional o no tradicional) utilizado por los individuos. Por ello, la hipótesis por validar es la siguiente: el uso del servicio de transporte público no tradicional afecta positivamente a la productividad laboral, medida como los ingresos laborales de los ciudadanos de Lima Metropolitana; mientras que el servicio de transporte público tradicional la afecta negativamente.

La importancia de esta investigación radica en brindar evidencia empírica sobre el deficiente sistema de transporte limeño, considerado el segundo mayor problema de la ciudad luego de la inseguridad ciudadana. Así, el 29,9% de los ciudadanos se siente insatisfecho con el transporte público, lo que ubica a Lima como la tercera ciudad latinoamericana con mayor insatisfacción al respecto (CAF, 2017). Y, hasta donde se tiene conocimiento, para Lima Metropolitana no se ha realizado un análisis que divida el transporte público en sus dos categorías (tradicional y no tradicional) y calcule el efecto que genera cada uno en la productividad laboral de sus usuarios.

En las siguientes secciones, resumiremos los aportes de la literatura especializada consultada sobre transporte, productividad e ingresos. Luego,

mostraremos la evidencia empírica que motiva la hipótesis por validar. A continuación, plantearémos el modelo utilizado para validar la hipótesis. Y, por último, presentaremos y analizaremos los resultados hallados, las conclusiones y las recomendaciones de política para el transporte público.

Revisión de literatura

Esta sección resume el conocimiento existente acerca del impacto del transporte público sobre la productividad laboral. Se revisa brevemente la literatura teórica y empírica que demuestra el impacto directo del tiempo de desplazamiento del individuo sobre su nivel de utilidad y productividad y, por ende, la necesidad de minimizar ese tiempo. Con tal fin, elegir el medio de transporte adecuado es fundamental para disminuir los tiempos no productivos, aumentar el tiempo dedicado al trabajo o al ocio, maximizar la utilidad y mejorar la productividad del individuo.

Trabajo, ocio y transporte

En los modelos microeconómicos, el individuo busca maximizar una función de utilidad en la que su utilidad está positivamente relacionada con el consumo y el ocio, y negativamente relacionada con el tiempo dedicado a trabajar (Dodgson, 1998). Tal función de utilidad está sujeta a dos restricciones: una presupuestaria, fijada por sus ingresos provistos por un salario determinado en un mercado laboral donde la empresa contrata trabajadores hasta el punto en que el valor del producto marginal del trabajador es igual al salario¹⁹; y otra de tiempo, que depende de la distribución entre horas de trabajo, ocio y transporte.

Así, cada hora adicional que un individuo destina al trabajo o a transportarse es una hora menos para el ocio (Bonifaz, 2012). Small (1982) parte del modelo de Johnson²⁰ (1966) presentando una función de utilidad del consumidor que depende del tiempo dedicado al trabajo y al ocio y al transporte, del consumo, y de un elemento «*scheduling*» tanto en la función de utilidad como en las restricciones. Define «*scheduling*» como la hora de salida hacia el centro laboral, la hora de llegada a este y el tiempo gastado en una zona congestionada. Y plantea las siguientes ecuaciones:

¹⁹ En un mercado con empresas competitivas que maximizan beneficios.

²⁰ El enfoque de Johnson señala que el costo de oportunidad de un bien se encuentra dividido entre su precio monetario y el tiempo de ocio sacrificado para su consumo, entendido como el tiempo de desplazamiento para consumir.

$$\text{Max } u = U(x, l, h, s)$$

$$x + c(s) = y + w \cdot h$$

$$l + h + t(s) = T$$

$$(s, h, w) = 0$$

x : bien de consumo.

l : tiempo dedicado al ocio.

h : número de horas trabajadas.

s : *scheduling*.

c : costo del tipo de transporte.

T : el tiempo dedicado al transporte.

Small (1982) incluye s en la función de utilidad a fin de identificar el efecto de preferencias en horarios de transporte, plantea que c y t dependen de s para capturar la existencia de congestión y horas pico, y asume un s dado; lo cual le permite establecer una relación entre congestión y tiempo trabajado. Por tanto, si $t'(s) < 0$, entonces $\frac{df}{dh} > 0$; es decir, trabajar un minuto extra implica renunciar a más de un minuto en ocio porque conlleva un horario de transporte más congestionado, generándose desutilidad.

Elección de comportamiento

Cada vez que el individuo tiene que desplazarse, debe elegir cómo hacerlo. Según la teoría neoclásica, un pasajero debe decidir lo siguiente: realizar el viaje, el lugar de destino, el momento del día, qué ruta tomar y qué tipo de transporte utilizar. Y toma estas decisiones con base en sus necesidades, ingresos, ocupación, entre otros; y sujeto a las condiciones de las diferentes opciones de transporte. Así, sus decisiones de transporte varían conforme cambian sus circunstancias individuales y/o los términos de las diferentes opciones de transporte (Johnson 1966, p. 4). La mejor ruta entre su lugar de partida y destino es la que brinde mayor beneficio, pero si muchas otras personas escogen la misma ruta al mismo tiempo, la congestionan y deja de ser la mejor. Esto se conoce como «La tragedia de los bienes comunes», donde la red vial es el bien común (Van Essen *et al.*, 2016, p. 532).

Evidencia empírica

Los resultados de un estudio aplicado a la ciudad de Lagos, en Nigeria, revelan que un retraso de 90 minutos, debido a la congestión vehicular, tiene un significativo impacto negativo sobre la productividad²¹ del trabajador (Somuyiwa, Fadare, & Ayantoyinbo, 2015, p. 654), porque dicha congestión le reduce el tiempo de permanencia en su centro laboral (Hartgen & Fields, 2009).

Asimismo, Harriet *et al.*, (2013) encontraron que, debido a la congestión vehicular en zonas urbanas de Ghana, los trabajadores llegan tarde al trabajo y pierden así un tiempo productivo²² de, en promedio, 52,8 minutos al día (9,4% del tiempo trabajado). Concluyen por ello que la congestión vehicular genera un impacto negativo en la productividad laboral²³.

Por otro lado, Scott (2014) estudia la relación entre el tiempo de desplazamiento en transporte público y el ingreso del hogar en los suburbios de Washington D. C. Define el tiempo de desplazamiento como un *proxy* de la accesibilidad del transporte público porque captura las características del acceso al transporte que pueden modificar el tiempo del viaje²⁴. Para su estimación, utiliza el siguiente modelo empírico:

$$\text{Ingreso} = f(TD + CD + CE + CH + SR + e)$$

TD: tiempo de desplazamiento en transporte público.

CD: características demográficas.

CE: características de empleo.

CH: características del hogar.

SR: estado de residencia.

e: error aleatorio.

Y encuentra que un mayor tiempo de desplazamiento reduce el ingreso del hogar. Sus resultados muestran que el 24% de la variación de dicho ingreso es explicado por el tiempo de desplazamiento en transporte público, cuyo aumento de un minuto disminuye en 0,02 el logaritmo de posibilidades²⁵ de estar en una categoría más alta de ingreso, manteniendo constante el resto de las variables del modelo. Este hallazgo es significativo para aumentos en

²¹ Medida como el volumen de producción alcanzada por trabajador o por hora trabajada.

²² Ratio entre ingreso esperado e ingreso real medido por número de horas trabajadas y reportes de tardanza.

²³ Medida como la participación del insumo laboral en el proceso de producción del producto.

²⁴ Por ejemplo: tiempo de espera por el transporte, tiempo del traslado de su casa a la estación de transporte público, tiempo de viaje según el medio de transporte.

²⁵ Ratio de probabilidad de estar en una categoría de ingreso más alta entre la probabilidad de estar en una categoría menor.

10, 30 o 60 minutos. El autor concluye que, conforme aumenta el tiempo de desplazamiento, el individuo cuenta con menos tiempo para enriquecer su formación profesional, lo que limita sus oportunidades para mejorar su estatus socioeconómico.

Desde otra perspectiva, Cambridge Systematics (2002) indica que un transporte público eficiente mejora la productividad laboral de la empresa al reducir los costos de congestión conforme aumenta la densidad urbana, la cual facilita la transferencia de conocimientos y habilidades, así como el intercambio de servicios entre las personas. En este sentido, Weisbrod y Reno (2009, p. 54) estiman que un aumento del 5% en densidad efectiva se traslada en un aumento de productividad de un 0,09% (US\$ 70 millones por año).

A fin de que tenga sentido hallar el efecto en la productividad laboral medida como los ingresos, se debe poder afirmar que existe una relación estrecha entre estas dos variables. Para ello, Wakeford (2004) estudia la relación entre la productividad y el salario en Sudáfrica. Sus resultados comprueban que hay cointegración entre el salario real y la productividad y que, en el largo plazo, un incremento del 1% en productividad está asociado con un aumento de un 0,58% del ingreso real, aproximadamente.

Respecto a la ciudad de Lima, Céspedes, Lavado y Ramírez (2016) analizan la relación entre el salario por hora y la productividad laboral. Encuentran que las diferencias existentes entre las tasas de crecimiento de la productividad laboral y las tasas de crecimiento de los salarios por hora son menores del 1%. Concluyen así que es razonable considerar que la tasa de crecimiento del salario por hora es un indicador aproximado de la tasa de crecimiento de la productividad laboral.

Por tanto, nuestro estudio utiliza el ingreso laboral como un indicador aproximado de la productividad laboral para hallar el impacto que el transporte público tiene sobre esta.

Marco analítico

PricewaterhouseCoopers, en colaboración con el foro de Turismo y Transporte de Australia, afirman que el éxito de una economía de servicios depende de una buena conectividad entre empleadores y empleados, respaldada por un sistema de transporte público masivo de calidad. Este disminuye el tiempo de desplazamiento al centro laboral y genera un aumento en la productividad laboral, incrementando el número de empleos y los salarios (Tourism & Transport Forum, 2014). Ante ello, cabe esperar que un transporte público eficiente mejore la productividad del trabajador limeño, dado que el rubro de

otros servicios²⁶ es la principal actividad laboral en Lima Metropolitana, con un 31,4% de participación (Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa [Sineace], 2018).

En este estudio, medimos la productividad a través de los ingresos laborales, pues asumimos que el salario es igual al valor del producto marginal. Por consiguiente, si encontramos que el uso del transporte público tiene impacto sobre el salario laboral, podremos deducir que ello se debe a un impacto sobre la productividad laboral, *ceteris paribus*.

Y esperamos que el individuo usuario del transporte tradicional tenga un mayor tiempo de desplazamiento hacia su centro laboral, ya que dicho transporte causa congestión al compartir vías con el parque automotor. Un mayor tiempo de desplazamiento ocasionará que el individuo experimente mayor estrés²⁷ y tenga menos tiempo para trabajar y capacitarse y recrearse, lo cual reducirá su productividad laboral porque disminuye su rendimiento potencial. Mientras tanto, esperamos un efecto contrario en el individuo usuario del transporte no tradicional, porque, al ir por una vía segregada, tendrá un menor tiempo de desplazamiento.

Metodología

Datos

Utilizamos la Encuesta Percepción sobre Calidad de Vida en Lima y Callao del Observatorio Lima Cómo Vamos (o Encuesta Lima Cómo Vamos, para abreviar), entre los años 2016 y 2018. Esta encuesta entrevista cada año a 1.920 personas mayores de 18 años residentes de Lima Metropolitana, divididas en cuatro áreas interdistritales²⁸. La distribución de la muestra es proporcional a la distribución poblacional según datos del Censo 2007, por lo que no requiere ponderación.

En esa base de datos es pequeño el número de personas que contesta la pregunta «¿Cuál es el ingreso mensual promedio de su hogar?», por lo que utilizamos los datos al respecto de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018a). Así, en Lima Metropolitana, el gasto representó el 72,5% del ingreso mensual en el año 2018 y, además, las tasas de crecimiento del ingreso y gasto entre 2007 y

²⁶ «Otros servicios» está compuesto por intermediación financiera y de seguros, servicios prestados a empresas, y servicios personales.

²⁷ El estrés impacta la productividad laboral dado que reduce la resistencia y recuperación mental de un trabajador, disminuyendo su rendimiento ideal (Rodríguez & Rivas, 2011).

²⁸ Lima Centro, Lima Sur, Lima Este y Lima Norte.

2018 difieren en un 1,3% (INEI, 2018b). Se deduce entonces que la variable gasto del hogar es un *proxy* adecuado del ingreso, razón por la cual la utilizamos como dependiente, a fin de contar con una muestra de mayor tamaño.

Dado que la variable dependiente es el gasto del hogar²⁹, la unidad elemental del estudio son los hogares de Lima Metropolitana. El universo de nuestra estimación son aquellas personas encuestadas entre los años 2016 y 2018 que trabajan y/o estudian fuera del hogar, que utilizan transporte público, y con registro de gasto del hogar respectivo. De modo que la muestra para este estudio cuenta con 1.308 observaciones entre 2016 y 2018³⁰.

Modelo por estimar

Nuestro modelo estructura la siguiente relación lógica: un mayor tiempo de desplazamiento, causado por el uso del transporte tradicional, implicará una disminución del gasto del hogar, que se infiere como resultante de un menor ingreso del hogar originado por una menor productividad laboral, *ceteris paribus*. Ocurrirá lo contrario en el caso de una reducción del tiempo de desplazamiento permitida por el uso de un transporte no tradicional.

Se utiliza el modelo de Scott (2014) presentado en la revisión de literatura, adaptado a las características particulares de Lima Metropolitana. El gasto del hogar está bajo una transformación logarítmica a fin de obtener cuasi elasticidades. Se contemplan dos posibles representaciones para el modelo empírico:

$$\text{Modelo 1: } \ln(\text{Gasto del hogar}) = f(\beta_1 TD * TT + \beta_2 NE + \beta_3 CH + \beta_4 TT * A + \beta_5 NP + \gamma' \zeta)$$

$$\text{Modelo 2: } \ln(\text{Gasto del hogar}) = f(\beta_1 TD * TT + \beta_2 NE + \beta_3 CH + \beta_4 TT + \beta_5 A + \beta_6 NP + \gamma' \zeta)$$

TD^{31} : tiempo de desplazamiento en transporte público, en minutos.

TT : tipo de transporte utilizado (transporte no tradicional = 0 y transporte tradicional = 1).

NE : nivel educativo del individuo.

CH^{32} : características del hogar.

²⁹ Incluye el gasto en: transporte, salud, educación, alimentos y servicios.

³⁰ 2016: 402 observaciones; 2017: 518 observaciones; y 2018: 388 observaciones.

³¹ Se construye a partir de la suma de las horas utilizadas para transportarse expresada en minutos, y los minutos restantes que completan el tramo de desplazamiento (es decir, 1 h 10 m equivale a 70 minutos).

³² Formada por la sumatoria de cinco variables *dummies* referidas a si el hogar tiene o no teléfono, refrigera-

A: año en el que se realizó la encuesta (2016=1, 2017=2 y 2018=3).

NP: número de personas que viven en el hogar.

e: error aleatorio.

γ 's: vector de controles. Compuesto por las variables «Edad», «Sexo», «Nivel socioeconómico», «Número de habitaciones en el hogar», «Asistencia a colegio privado» y «Asistencia a colegio público».

Las variables de interés para este estudio son el tipo de transporte y el tiempo de desplazamiento: $TD*TT$ y $TT*A$ para el modelo 1 y $TD*TT$ y TT para el modelo 2, donde ambas variables solo se activarán en el caso de que el individuo use el transporte público tradicional. Por lo tanto, la validación de la hipótesis planteada depende de los coeficientes $\beta_1 + \beta_4$. Se espera que esta suma sea negativa y significativa.

El coeficiente de la variable $TT*A$ captura si de un año al otro ha habido algún cambio significativo en el transporte público tradicional. Es decir, captura la intensidad del impacto en el tiempo de desplazamiento por el uso del transporte tradicional. Este impacto puede ser analizado por zonas geográficas, sexo y grupo de edad, porque la encuesta mantiene la cuota de entrevistados cada año.

Una vez elegido el modelo 1 o el 2 y obtenidos los resultados para el transporte tradicional, se hace un cambio en la variable TT a fin de obtener resultados para el transporte no tradicional (transporte tradicional = 0 y transporte no tradicional = 1). Esta vez, se espera que la suma de los coeficientes $\beta_1 + \beta_4$ sea positiva y significativa.

La siguiente examinación permite elegir el modelo (1 o 2) más apropiado. Primero, se calculan las correlaciones entre las variables independientes y la variable dependiente, prefiriéndose las variables independientes que tengan mayor correlación con la dependiente. Después, se calculan las correlaciones entre variables independientes, porque una correlación elevada entre ellas ($>\pm 0,4$) puede causar un aumento de la varianza de los estimadores de los parámetros, lo que conlleva estimadores sesgados (Sifuentes & Ramírez, 2009). Y luego se utilizan cuatro criterios para la construcción del modelo: R^2 , R^2 ajustado, desviación estándar muestral (SEE) y CP Mallow. Dentro del modelo 1 o 2, se elegirá la representación con el número de predictores que obtenga mayor R^2 , menor CP Mallow, R^2 ajustado y SEE.

dora, microondas, lavadora y computadora en funcionamiento; en cada caso, con valor (1) cuando el hogar sí tiene y (0) cuando no. Por tanto, el valor de CH se ubica entre 0 y 5.

Definición y medición de variables del modelo

En las tablas 1 y 2, se presentan la descripción cualitativa y el análisis estadístico de las variables elegidas para el estudio. Resaltan dos puntos importantes: el tipo de transporte público más utilizado es el tradicional, al cual recurren el 89% de los usuarios en la muestra; y, en promedio, a los individuos de la muestra les toma más de 59 minutos trasladarse de su hogar a su centro de trabajo o estudios.

Tabla 1
Descripción cualitativa de las variables de interés

Variable	Cuestionario	Valores
Gasto del hogar	En promedio, ¿cuánto gasta mensualmente su hogar en: transporte, alimentación, educación, salud, vivienda y servicios?	No precisa
Tiempo de desplazamiento	Desde que sale de su casa hasta que llega a su centro de trabajo o estudios, ¿cuánto tiempo demora en trasladarse?	No precisa
Nivel educativo	¿Cuál es su nivel educativo?	0 = ninguno; 1 = inicial / primaria incompleta; 2 = primaria completa; 3 = secundaria incompleta; 4 = secundaria completa; 5 = superior no universitaria completa; 6 = superior no universitaria completa; 7 = superior universitaria incompleta; 8 = superior universitaria completa; 9 = posgrado universitario
Características del hogar	¿Cuenta con: teléfono, refrigeradora, microondas, lavadora y computadora en funcionamiento?	1=sí; 0=no
Tipo de transporte	¿Cómo se movilizó usted principalmente dentro de la ciudad para ir a su trabajo, oficina, o centro de estudio?	1 = transporte público tradicional; 0 = transporte público no tradicional
Número de personas en el hogar	¿Cuántas personas viven permanentemente en su hogar?	No precisa
Edad	Edad del encuestado	No precisa
Sexo	Sexo del entrevistado	1=mujer ; 0=hombre

Nivel socioeconómico	Nivel socioeconómico (versión larga)	1=A; 2=B; 3=C; 4=D; 5=E
Número de habitaciones en el hogar	¿Con cuantas habitaciones cuenta su hogar?	No precisa
Asistencia a colegio privado	¿A qué tipo de establecimiento educativo asisten los niños de su hogar?	1=sí; 0=no
Asistencia a colegio público	¿A qué tipo de establecimiento educativo asisten los niños de su hogar?	1=sí; 0=no

Fuente: Encuesta Lima Cómo Vamos (2018), elaboración propia.

Tabla 2
Estadísticas de Lima Metropolitana

Variable dependiente	Media	Desviación estándar	Varianza	Coef. de variabilidad	Máx.
Gasto del hogar	1.300,56	1.311,23	1.719.330	1,01	15.775

Variable independiente	Media	Desviación estándar	Varianza	Coef. de variabilidad	Máx.
Tiempo de desplazamiento	59,30	36,20	1,310,28	0,61	240
Nivel educativo	5,28	1,68	2,82	0,32	9
Características del hogar	3,50	1,58	2,50	0,45	5
Tipo de transporte	0,89	0,32	0,10	0,35	1
Número de personas en el hogar	4,83	1,91	3,66	0,40	18

Variable de control	Media	Desviación estándar	Varianza	Coef. de variabilidad	Máx.
Edad	33,97	12,54	157,20	0,37	90
Sexo	0,40	0,49	0,24	1,22	1
Nivel socioeconómico	2,77	0,87	0,75	0,31	5
Número de habitaciones en el hogar	3,14	1,39	1,93	0,44	10
Asistencia a colegio privado	0,49	0,50	0,25	1,03	1
Asistencia a colegio público	0,57	0,50	0,25	0,88	1

Fuente: Encuesta Lima Cómo Vamos (2018), elaboración propia.

Método de estimación

Utilizamos el modelo de estimación *pool data*, el cual consiste en estimar bajo la técnica de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) una única ecuación que considera nT observaciones y donde los parámetros son comunes a todos los agentes involucrados.

Dado que la Encuesta Lima Cómo Vamos no entrevista al mismo agente a lo largo del tiempo, se opta por agrupar los agentes de los distintos años encuestados (2016, 2017 y 2018) y utilizar una *dummy* para evaluar el impacto año a año. Dada la forma de recolección de los datos para esa encuesta, es muy probable que haya heterocedasticidad del error y autocorrelación, pues la varianza de las perturbaciones puede ser diferente respecto a los individuos o en el tiempo. Por consiguiente, al modelo elegido le realizamos las pruebas de heterocedasticidad de Breusch y Pagan (1979) y de White (1980). Si el modelo es heterocedástico, se opta por utilizar el modelo de estimación *pool data* bajo la técnica de mínimos cuadrados generalizados (MCG).

Se utilizó el factor de expansión promedio de Lima Metropolitana para 2016, 2017 y 2018³³ con el fin de tener las variables en términos poblaciones y obtener mayor precisión en el momento de estimar.

Análisis correlacional

La tabla 3 muestra los resultados del cálculo de las correlaciones entre las variables independientes y la variable dependiente.

Tabla 3
Correlaciones

Variable independiente	Gasto del hogar
Tiempo de desplazamiento y Tipo de transporte (TT*TD)	-0,045
Nivel educativo	0,336
Características del hogar	0,290
Tipo de transporte y Año de la encuesta (TT*A)	-0,460
Tipo de transporte	-0,250
Número de personas en el hogar	0,477
Edad	-0,011

³³ El cual se obtiene del módulo Características de la Vivienda y del Hogar – Condiciones de Vida y Pobreza de la Enaho 2016, 2017 y 2018 con la metodología actualizada.

Sexo	0,038
Nivel socioeconómico	-0,342
Número de habitaciones en el hogar	0,195
Asistencia a colegio privado	0,299
Asistencia a colegio público	-0,255

Elaboración propia.

La correlación negativa entre la variable $TD*TT$ y la variable gasto del hogar sugiere que, ante un incremento en el tiempo de desplazamiento por transporte público tradicional, se reduce el gasto del hogar. Similarmente, la correlación negativa entre la variable $TT*A$ y la variable TT sugiere que, ante el uso del transporte público tradicional, el gasto del hogar disminuye. Ambas correlaciones dan indicios de una posible validación de nuestra hipótesis.

Selección del modelo

Los modelos propuestos para corroborar la hipótesis de investigación son:

$$\text{Modelo 1: } \ln(\text{Gasto del hogar}) = f(\beta_1 TD * TT + \beta_2 NE + \beta_3 CH + \beta_4 TT * A + \beta_5 NP + \gamma' \zeta)$$

$$\text{Modelo 2: } \ln(\text{Gasto del hogar}) = f(\beta_1 TD * TT + \beta_2 NE + \beta_3 CH + \beta_4 TT + \beta_5 A + \beta_6 NP + \gamma' \zeta)$$

De darse el caso de que, en el modelo 1, las variables $TD*TT$ y $TT*A$ tengan baja correlación ($< \pm 0,4$) entre sí y con el resto de variables independientes y los criterios de selección³⁴ muestren mejores indicadores, dicho modelo será elegido porque permite una mejor interpretación y facilita observar cambios significativos año a año en los tipos de servicio de transporte utilizados. Y en este caso el coeficiente de $TT*A$ permitiría una interpretación clave para nuestra investigación, porque capturaría la intensidad del impacto del uso del transporte tradicional en el tiempo de desplazamiento por zonas geográficas, sexo y grupo de edad.

En las tablas 4 y 5, se observan las matrices de correlaciones entre las variables independientes en cada modelo:

³⁴ Los criterios de selección del modelo son R2, R2 ajustado, SEE y CP Mallow.

Tabla 4
Matriz de correlación modelo 1

	TD*TT	Nivel educativo	Características del hogar	TT*A	Número de personas en el hogar	Edad	Sexo	Nivel socioeconómico	Número de habitaciones en el hogar	Asistencia colegio privado	Asistencia colegio público
TD*TT	1										
Nivel educativo	-0,064	1									
Características del hogar	-0,084	0,468	1								
TT*A	0,312	-0,099	-0,019	1							
Número de personas en el hogar	-0,031	0,045	0,079	0,009	1						
Edad	0,092	-0,056	-0,055	-0,017	-0,081	1					
Sexo	-0,137	0,051	0,004	-0,044	0,024	-0,107	1				
Nivel socioeconómico	0,084	-0,508	-0,881	-0,022	-0,031	0,047	-0,043	1			
Número de habitaciones en el hogar	0,010	0,219	0,278	-0,035	0,601	-0,085	0,037	-0,310	1		
Asistencia colegio privado	-0,002	0,309	0,311	-0,092	-0,038	0,026	0,077	-0,342	0,165	1,000	
Asistencia colegio público	-0,006	-0,290	-0,302	0,091	0,073	-0,025	-0,083	0,336	-0,115	-0,904	1,000

Elaboración propia.

Tabla 5
Matriz de correlación modelo 2

	TD*TT	Nivel educativo	Características del hogar	TT	Año encuesta	Número de personas en el hogar	Edad	Sexo	Nivel socioeconómico	Número de habitaciones en el hogar	Asistencia colegio privado	Asistencia colegio público
TD*TT	1											
Nivel educativo	-0,064	1										
Características del hogar	-0,084	0,468	1									
TT	0,482	-0,097	-0,015	1								
Año encuesta	0,016	-0,038	-0,010	0,050	1							
Número de personas en el hogar	-0,031	0,045	0,079	-0,024	0,033	1						
Edad	0,092	-0,056	-0,055	0,020	-0,046	-0,081	1					
Sexo	-0,137	0,051	0,004	-0,049	-0,014	0,024	-0,107	1				
Nivel socioeconómico	0,084	-0,508	-0,881	0,020	-0,055	-0,031	0,047	-0,043	1			
Número de habitaciones en el hogar	0,010	0,219	0,278	-0,029	-0,006	0,601	-0,085	0,037	-0,310	1		
Asistencia colegio privado	-0,002	0,309	0,311	-0,069	-0,058	-0,038	0,026	0,077	-0,342	0,165	1	
Asistencia colegio público	-0,006	-0,290	-0,302	0,067	0,060	0,073	-0,025	-0,083	0,336	-0,115	-0,904	1

Puede apreciarse que las variables independientes con una elevada correlación entre sí son: «Asistencia a colegio privado» y «Asistencia a colegio público»; «Nivel socioeconómico» y «Características del hogar»; «Número de habitaciones en el hogar» y «Número de personas en el hogar»; y «Nivel educativo» y «Nivel socioeconómico». Lo cual podría sugerir multicolinealidad en la regresión lineal del modelo.

Ante ello, se aplicó el factor de inflación de varianza (VIF), cuyo resultado menor de 10 indica que dicha regresión lineal no posee un grado de multicolinealidad preocupante (Rodríguez & García, 2017). Sin embargo, las antes mencionadas variables con alta correlación entre sí presentan un VIF individual por encima del resto de variables (anexo 1).

Dado que asistir a un colegio público o privado son opciones sustitutas entre sí, se optó por eliminar la variable «Asistencia a colegio público» porque es menor en valor absoluto su correlación con la variable «Gasto del hogar» (tabla 3); y así el VIF promedio en ambos modelos disminuye significativamente (anexo 2). Y también eliminamos la variable «Nivel socioeconómico», porque su alta correlación con la variable «Características del hogar» se debe a que, según la Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados, esa variable eliminada está construida a partir de datos como equipamiento y servicios públicos, que nuestro este estudio utiliza para construir la variable «Características del hogar». Con ambos cambios, los modelos tienen un VIF promedio menor de 1,35 y todos los VIF individuales son similares (anexo 3).

Cabe destacar, primero, que la correlación positiva existente, en ambos modelos, entre las variables $TT*A$ y TT y la variable $TD*TT$ sugiere que, si el individuo utiliza el transporte público tradicional, su tiempo de desplazamiento será mayor. Y, segundo, que se cumple el primer criterio establecido para poder elegir el modelo, pues las variables $TD*TT$ y $TT*A$ no presentan altos niveles de correlación ($>\pm 0,4$) entre ellas ni con el resto de las variables independientes.

Por ello, se procedió a seleccionar el modelo aplicando los criterios R^2 , SEE, R^2 ajustado, CP Mallow en el modelo 1 y en el 2. El anexo 4 muestra que el modelo 1 presenta menor CP Mallow y SEE que el modelo 2, mientras que el R^2 ajustado y el R^2 son muy similares en ambos modelos. Dado que los resultados de la aplicación de dichos criterios son preferibles para el modelo 1 que para el 2 (además de la ya mencionada correlación baja entre las variables $TD*TT$ y $TT*A$, y de estas con el resto de variables independientes), se elige el modelo 1.

En el indicador CP Mallow del modelo 1, C es mayor que k (número de parámetros). Esto puede indicar la presencia de un sesgo por subespecificación del modelo. Por esta razón, utilizamos los criterios de información Akaike Information Criterion (AIC) y Bayesian Information Criterion (BIC) únicamente en las tres mejores estimaciones del modelo 1, a fin de corroborar el número apropiado de parámetros y preferir la estimación cuyo estadístico sea el más bajo.

Para el modelo 1, las tres mejores estimaciones son: la de menor CP Mallow que contenga al menos un parámetro de interés (TT^*A)³⁵; la de menor CP Mallow que contenga ambos parámetros de interés (TD^*TT y TT^*A)³⁶; y la de mayor³⁷ R^2 .

Los resultados indican que el modelo con el menor AIC y BIC es el modelo con el mayor R^2 (anexo 5). Por tanto, el modelo elegido es:

$$\ln(\text{Gasto del hogar}) = f(\beta_1 TD * TT + \beta_2 NE + \beta_3 CH + \beta_4 TT * A + \beta_5 NP + \gamma' \zeta)$$

Análisis de resultados

Estimación de resultados

Se realizaron pruebas de heterocedasticidad al modelo elegido para determinar si debíamos emplear el método de estimación *pool data* con MCO o con MCG. Los resultados arrojan la presencia de heterocedasticidad en el modelo; por tanto, se utilizó MCG para corregir la heterocedasticidad del error y autocorrelación (anexo 6).

La estimación muestra (tabla 6) que todas las variables son significativas al 5% y los signos son los esperados en relación con la variable dependiente, a excepción de la variable «Número de personas en el hogar».

³⁵ «Nivel educativo», «Características del hogar», «Tipo de transporte * Año de la encuesta», «Asistencia a colegio privado» y «Número de habitaciones en el hogar».

³⁶ «Nivel educativo», «Características del hogar», «Tipo de transporte * Año de la encuesta», «Asistencia a colegio privado» y «Tipo de transporte * Tiempo de desplazamiento».

³⁷ «Tiempo de desplazamiento», «Nivel educativo», «Tipo de transporte * Año de la encuesta», «Número de personas en el hogar», «Edad», «Características del hogar», «Asistencia a colegio privado» y «Número de habitaciones en el hogar».

Tabla 6
Resultados del transporte tradicional

Ln (gasto)	Coefficiente	Desviación estándar	t	P>t	[95% Conf. interval]
TD*TT	-0,0004	0,0000	-16,33	0,00	-0,0005 -0,0004
Nivel educativo	0,0938	0,0006	158,01	0,00	0,0927 0,0950
TT*A	-0,0183	0,0010	-18,93	0,00	-0,0202 -0,0164
Número de personas en el hogar	-0,0012	0,0006	-2,04	0,04	-0,0023 0,0000
Edad	0,0029	0,0001	36,70	0,00	0,0027 0,0030
Sexo	0,0446	0,0018	24,57	0,00	0,0410 0,0481
Características del hogar	0,0898	0,0007	129,11	0,00	0,0884 0,0911
Asistencia a colegio privado	0,3340	0,0019	175,70	0,00	0,3303 0,3378
Número de habitaciones	0,0769	0,0008	93,98	0,00	0,0753 0,0785
Constante	5,5689	0,0054	1035,44	0,00	5,5584 5,5794

Notas. Suma de los coeficientes de interés TT*TD y TT*A: -0,01871. TT=1 cuando se utiliza transporte público tradicional.
Elaboración propia.

El resultado de la suma de los coeficientes TD*TT + TT*A ($\beta_1 + \beta_4$) indica que, ante el uso de transporte público tradicional, un minuto adicional en el tiempo de desplazamiento al centro laboral disminuirá el gasto del hogar en 1,870 puntos porcentuales. Lo cual se interpreta como resultante de una disminución en el ingreso laboral dada una menor productividad laboral. Esta caída en la productividad laboral se explica porque el mayor tiempo de desplazamiento año a año, en comparación con el transporte público no tradicional, debido a una mayor congestión vehicular al ir por las mismas vías que el parque automotor, produce en el individuo más estrés, menos tiempo para trabajar, capacitarse, descansar, entre otros; lo cual reduce la resistencia mental y la concentración del individuo en sus labores.

Esos resultados e interpretación respecto a los efectos del uso del transporte público tradicional se ven reforzados al compararlos con los resultados respecto al transporte público no tradicional, que se obtienen cambiando la especificación de la variable «Tipo de transporte», de modo que TT=1 cuando se usa transporte público no tradicional.

Tabla 7
Resultados del transporte no tradicional

Ln (gasto)	Coefficiente	Desviación estándar	t	P>t	[95% Conf.	Interval]
TD*TT	-0,0015	0,0001	-25,18	0,00	-0,0016	-0,0014
Nivel educativo	0,0954	0,0006	160,76	0,00	0,0943	0,0966
TT*A	0,0314	0,0019	16,99	0,00	0,0278	0,0351
Número de personas en el hogar	-0,0004	0,0006	-0,73	0,05	-0,0016	0,0007
Edad	0,0028	0,0001	36,55	0,00	0,0027	0,0030
Sexo	0,0510	0,0018	28,51	0,00	0,0475	0,0545
Características del hogar	0,0901	0,0007	129,95	0,00	0,0887	0,0915
Asistencia a colegio privado	0,3379	0,0019	176,17	0,00	0,3341	0,3417
Número de habitaciones en el hogar	0,0768	0,0008	93,75	0,00	0,0752	0,0784
Constante	5,5002	0,0049	1112,32	0,00	5,4905	5,5099

Notas. Suma de los coeficientes de interés TT*TD y TT*A: 0,0299. TT=1 cuando se utiliza transporte público no tradicional.

Elaboración propia.

La estimación respectiva (tabla 7) muestra que todas las variables son significativas al 5% y exhibe los signos esperados en relación con la variable dependiente, a excepción de la variable «Número de personas en el hogar».

El resultado de la suma de los coeficientes TD*TT + TT*A ($\beta_1 + \beta_4$) indica que, ante el uso del transporte público no tradicional, un minuto adicional en el tiempo de desplazamiento del individuo a su centro laboral aumentará su gasto del hogar en 2,990 puntos porcentuales, lo cual se interpreta como resultante de un aumento en el ingreso laboral dada una mayor productividad laboral. En el caso del transporte público no tradicional, ese impacto ocurre porque, al ir por una vía segregada, el tiempo de desplazamiento es menor que con el transporte público tradicional, pese a que este tiempo aumenta con el paso de los años debido a problemas de accesibilidad al servicio por carencia de unidades ante una creciente demanda. Se infiere así que el impacto positivo sobre la productividad laboral se debe a que el estrés del individuo disminuye, porque le es posible programar su viaje con mayor precisión y seguridad, así como porque puede descansar en el trayecto.

Al iniciar nuestro estudio, intuimos que un menor tiempo de desplazamiento originado por el uso del transporte no tradicional implicaría un aumento en el gasto del hogar. Los resultados revelan que, con el paso de los años, no ha disminuido el tiempo de desplazamiento del individuo por transporte no tradicional, pero continúa siendo ligeramente menor que el tiempo que toma el transporte público tradicional.

En suma, los resultados validan la hipótesis de nuestra investigación, pues el transporte público no tradicional impacta positivamente sobre la productividad laboral medida por los ingresos laborales, mientras que el transporte público tradicional impacta negativamente en ella. También quedan validados ambos objetivos del estudio, pues se demuestra que el transporte público sí tiene un impacto en la productividad laboral de los ciudadanos de Lima Metropolitana, y que el nivel del impacto depende del tipo de transporte público utilizado por los individuos. El transporte público no tradicional genera, en valor absoluto, un mayor impacto en la productividad laboral que el transporte público tradicional.

Robustez de resultados

Para mayor seguridad, dividimos la muestra en cuatro zonas geográficas de la capital: Lima Centro, Lima Sur, Lima Este y Lima Norte; para el transporte público tradicional y para el no tradicional. Al estimar el R^2 y el R^2 ajustado de esas submuestras según tipo de transporte, obtuvimos que ambos estadísticos se mantienen, para las mencionadas zonas geográficas a excepción de Lima Sur, alrededor de los valores obtenidos para Lima en conjunto.

Respecto al transporte tradicional, los resultados de las regresiones para las cuatro submuestras bajo el modelo de estimación *pool data* con la técnica de MCG muestran que, a excepción de la variable $TD*TT$ en Lima Centro, todas las variables son significativas al 5%. Asimismo, los errores estándar para $TD*TT$ y $TT*A$ se mantienen similares entre las cuatro submuestras, excepto en Lima Centro. Además, en Lima Norte y Este, la suma de los coeficientes $\beta_1 + \beta_4$ es negativa y significativa e incluso mayor que para Lima en su conjunto. Lo cual corrobora que el transporte público tradicional genera un impacto negativo en la productividad laboral.

Por otro lado, al realizar la misma estimación para el transporte no tradicional, se obtuvo que todas las variables son significativas al 5% y que los errores estándar para $TD*TT$ y $TT*A$ se mantienen similares entre las cuatro submuestras, a excepción de Lima Este. Además, en Lima Norte, Sur y Este, la suma de los coeficientes $\beta_1 + \beta_4$ es positiva y significativa, e incluso mayor

que para toda Lima. Lo cual corrobora que el transporte público no tradicional genera un impacto positivo en la productividad laboral.

Por tanto, se concluye que el modelo es robusto porque mantiene su validez al dividirlo en cuatro submuestras tanto para el transporte público tradicional como para el no tradicional, corroborando en cada caso el impacto generado sobre la productividad laboral.

Limitaciones en la investigación

Las principales limitaciones son las siguientes: (i) la variable gasto del hogar es el resultado de la suma de los gastos en salud, transporte, educación, alimentación y servicios; lo que podría causar errores de medición; (ii) para cada año y hogar encuestado se utilizó el factor de expansión anual promedio, lo cual puede disminuir la precisión; (iii) dentro de la muestra, el número de personas que declara utilizar el servicio de transporte público no tradicional es reducido, aproximadamente el 11% del total, lo que puede mermar la representatividad de los resultados obtenidos.

Conclusiones y recomendaciones

Esta investigación ha cuantificado y validado el impacto del transporte público en la productividad laboral de los ciudadanos de Lima Metropolitana durante el período 2016-2018. Nuestros resultados corroboran la pregunta de investigación y validan la hipótesis y el primer y el segundo objetivo de la investigación.

En efecto, hemos demostrado que el transporte público sí tiene un impacto en la productividad laboral de los ciudadanos de Lima Metropolitana, y que este depende del tipo de transporte público utilizado. En particular, un minuto adicional en el tiempo de desplazamiento del individuo que utiliza transporte público tradicional para ir a su centro laboral disminuirá la productividad laboral del hogar en 1,870 puntos porcentuales, reflejada en la disminución del gasto del hogar por menores ingresos laborales. En cambio, un minuto adicional en el tiempo de desplazamiento del individuo que utiliza transporte público no tradicional para ir a su centro laboral aumentará la productividad laboral del hogar en 2,990 puntos porcentuales. De modo que el transporte público no tradicional genera en valor absoluto un mayor impacto en la productividad laboral que el transporte público tradicional.

Dado que una buena conectividad entre empleadores y empleados es necesaria para que una economía logre una óptima generación de empleo, nuestros resultados sugieren que el transporte público aporta más al crecimiento de una economía cuando es un transporte masivo de calidad. Lo cual es muy relevante para el caso de Lima Metropolitana, debido a los

altos niveles de congestión vehicular e insatisfacción de los usuarios del transporte público.

Por ello, recomendamos implementar, en el corto plazo, políticas que reduzcan el tiempo de desplazamiento de ambos tipos de transporte público, con el doble propósito de disminuir el impacto negativo del transporte tradicional y de aumentar el impacto positivo del transporte no tradicional en la productividad laboral. Respecto al primero, es fundamental reducir la congestión vehicular; por ejemplo, restringiendo el tránsito de camiones por las principales vías durante el día y concentrándolo durante la noche, otorgando un descuento de un X%³⁸ en el peaje que compense los costos generados a las empresas por retrasos en el transporte de carga. Respecto al segundo, es necesario aumentar la flota de buses o vagones para disminuir la congestión de pasajeros y el tiempo de su desplazamiento hasta que se realicen ampliaciones y nuevas rutas.

En el largo plazo, las políticas por implementar deben estar enfocadas en la creación de modelos de movilidad sostenible bajo tres pilares: social, medioambiental y económico-financiero (Martínez *et al.*, 2016); reemplazando el sistema de transporte público tradicional actual por un sistema de monopolio natural, mediante una concesión por concurso público. Los usuarios limeños se beneficiarían con este nuevo sistema, pese al incremento de tarifas que conllevaría (por comparación con las muy reducidas tarifas actuales), porque del servicio de una sola empresa formal (en vez que de varias informales) obtendrían: (i) menores costos de transacción, (ii) menor tiempo de desplazamiento, (iii) mayor seguridad y (iv) mejor conectividad de rutas; todo lo cual impactaría positivamente en la productividad laboral de los usuarios.

Respecto al transporte público no tradicional, en el largo plazo se debería acelerar y aumentar la construcción de nuevas líneas de metro. Y se debería evaluar la posibilidad de construir conexiones ferroviarias con ciudades como Ica, que contribuyan a diluir la densidad poblacional de Lima y, por ende, la congestión vehicular en la capital peruana.

Referencias

Boarnet, M. (2007). *Conducting impact evaluations in urban transport*. Doing Impact Evaluation, N.º 5. The World Bank. <https://go.itdp.org/display/public/Go+Public+Home>

³⁸ Para determinar el descuento es necesario hacer un estudio sobre el costo por retraso de la carga que tendrían las empresas, para que el descuento compense este sobrecosto.

- Bonifaz, J. (2012). *Estimación del valor social del tiempo*. (Estudio en la Universidad del Pacífico – Centro de Investigación para el Ministerio de Economía y Finanzas). https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/parametros_evaluacion_social/Valor_Social_Tiempo.pdf
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1979). A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica*, 47(5), 1287-1294. doi: 10.2307/1911963
- CAF (Banco de Desarrollo de América Latina). (2017). *Crecimiento urbano y acceso a oportunidades: un desafío para América Latina*. Reporte de Economía y Desarrollo 2017. Banco de Desarrollo de América Latina. <http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1090/RED%202017%20esp.pdf>
- Cambridge Systematics. (2002). *The benefits of public transportation: An overview*. American Public Transportation Association. <http://www.apta.com/research/info/online>
- Céspedes, N., Lavado, P., & Ramírez, N. (2016). Productividad en el Perú: un panorama general. En N. Céspedes, P. Lavado & N. Ramírez (Eds.), *Productividad en el Perú: medición, determinantes e implicancias* (pp. 9-40) Universidad del Pacífico. <https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1083/C%3%A9spedesNikita2016.pdf>
- Dodgson, J. (1998). La evaluación de proyectos y políticas de transportes. En C. Nash & G. De Rus (Eds.). *Desarrollos recientes en economía del transporte* (pp. 313-362). Civitas. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=1536>
- Encuesta Lima CómoVamos. (2018). *IX Informe de percepción sobre calidad de vida en Lima y Callao*. Lima CómoVamos. Observatorio Ciudadano. <http://www.limacomovamos.org/cm/wp-content/uploads/2018/12/EncuestaLimaComoVamos2018.pdf>
- Harriet, T., Poku, K., & Emmanuel, A. (2013). An assessment of traffic congestion and its effect on productivity in Urban Ghana. *International Journal of Business and Social Science*, 4(3), 225-234. http://ijbssnet.com/journals/Vol_4_No_3_March_2013/25.pdf
- Hartgen, D. & Fields, G. (2009). *Gridlock and growth: The effect of traffic congestion on regional economic performance*. Policy Study 371. Reason Foundation. http://reason.org/files/ps371_growth_gridlock_cities_full_study.pdf
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). (2018a). *Perú – Encuesta Nacional de Hogares sobre Condiciones de Vida y Pobreza 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática – Sistema de Documentación Virtual. <https://webinei.inei.gob.pe>
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). (2018b). *Evolución de la pobreza monetaria 2007-2018*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1646/libro.pdf
- Johnson, M. B. (1966). Travel time and the price of leisure. *Economic Inquiry*, 4(2), 135-145. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1966.tb00941.x>
- Martínez, L., Martín, D., Gómez, F., & Gonzales, D. (Junio de 2016). *Plan estratégico de movilidad sostenible de la Comunidad de Madrid 2013-2015* (presentación de paper). XII Congreso de Ingeniería del Transporte, Valencia. Universidad Politécnica de Valencia. <http://dx.doi.org/10.4995/CIT2016.2016.4270>

- Posada, C. (26 de febrero de 2018). Aumento continuo del parque automotor, un problema que urge solucionar. *La Cámara*, 24-26. Cámara de Comercio de Lima. https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r816_3/comercio%20exterior.pdf
- Rodríguez C. R., & Rivas H. S. de. (2011). Los procesos de estrés laboral y desgaste profesional (*burnout*): diferenciación, actualización y líneas de intervención. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 57(1), 72-88. <https://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2011000500006>
- Rodríguez, A., & García, C. (Noviembre de 2017). *Factor de inflación de la varianza en R* (presentación de *paper*). IX Jornadas de Usuarios de R, Granada. Universidad de Granada. http://r-es.org/9jornadasR/pdf/9JUR_paper_31.pdf
- Scott, J. P. (2014). *Taking the bus to work: The relationship between public transit commuting time and household income in Washington, D. C. Suburbs*. Georgetown University. <https://repository.library.georgetown.edu/handle/10822/709850>
- Sifuentes, R., & Ramírez, G. (2009). Effects of specifying an incorrect model for logistics regression, with two independent correlated variables. *Agrociencia*, 44(2), 187-207. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v44n2/v44n2a8.pdf>
- Sineace (Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Calificación de la Calidad Educativa). (2018). *Caracterización de Lima Metropolitana*. Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Calificación de la Calidad Educativa. <https://www.sineace.gob.pe/wp-content/uploads/2017/08/PERFIL-LIMA- METROPOLITANA.pdf>
- Small, K. A. (1982). The scheduling of consumer activities: Work trips. *American Economic Review*, 72(3), 467-479. <https://www.jstor.org/stable/1831545>
- Somuyiwa, A., Fadare, S., & Ayantoyinbo, B. (2015). Analysis of the cost of traffic congestion on worker's productivity in a mega city of a developing economy. *International Review of Management and Business Research*, 4(3), 644-656. <https://www.irnbrjournal.com/papers/1438578538.pdf>
- Tourism & Transport Forum. (2014). *Better public transport, better productivity*. TTF Australia. <https://catalogue.nla.gov.au/Record/6806360>
- Van Essen, M., Thomas, T., Van Berkum, E., & Chorus, C. (2016). From user equilibrium to system optimum: A literature review on the role of travel information, bounded rationality and non-selfish behaviour at the network and individual levels. *Transport Reviews*, 36(4), 527-548. <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1125399>
- Wakeford, J. (2004). The productivity-wage relationship in South Africa: An empirical investigation. *Development Southern Africa*, 21(1), 109-132. <https://doi.org/10.1080/0376835042000181444>
- Weisbrod, G., & Reno, A. (2009). *Economic impact of public transportation investment*. American Public Transportation Association. <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/trcp/docs/TCRPJ-11Task7-FR.pdf>
- White, H. (1980). A heteroskedasticity-consistent covariance matrix and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica*, 48, 817-838. <https://www.jstor.org/stable/1912934>

Anexos**Anexo 1: Factor de inflación de varianza (VIF)**Tabla A.1.1
Modelo 1 inicial

Variable	VIF	Raíz cuadrada VIF	Tolerancia	R-cuadrado
TD*TT	1,16	1,08	0,86	0,14
Nivel educativo	1,41	1,19	0,71	0,29
Características del hogar	4,64	2,15	0,22	0,78
TT*A	1,16	1,08	0,86	0,14
Número de personas en el hogar	1,71	1,31	0,59	0,41
Número de habitaciones en el hogar	1,88	1,37	0,53	0,47
Nivel socioeconómico	5,2	2,28	0,19	0,81
Edad	1,03	1,02	0,97	0,03
Sexo	1,04	1,02	0,96	0,04
Asistencia a colegio privado	5,63	2,37	0,18	0,82
Asistencia a colegio público	5,57	2,36	0,18	0,82
VIF promedio	2,77			

Tabla A.1.2
Modelo 2 inicial

Variable	VIF	Raíz cuadrada VIF	Tolerancia	R-cuadrado
TD*TT	1,36	1,17	0,73	0,27
Nivel educativo	1,41	1,19	0,71	0,29
Características del hogar	4,69	2,16	0,21	0,79
TT	1,33	1,15	0,75	0,25
Año de la encuesta	1,04	1,02	0,96	0,04
Número de personas en el hogar	1,71	1,31	0,59	0,41
Número de habitaciones en el hogar	1,88	1,37	0,53	0,47
Nivel socioeconómico	5,23	2,29	0,19	0,81
Edad	1,03	1,02	0,97	0,03
Sexo	1,05	1,02	0,96	0,04
Asistencia a colegio privado	5,63	2,37	0,18	0,82
Asistencia a colegio público	5,58	2,36	0,18	0,82
VIF promedio	2,66			

Elaboración propia.

Anexo 2: VIF sin colegio público

Tabla A.2.1
Modelo 1 sin colegio público

Variable	VIF	Raíz cuadrada VIF	Tolerancia	R-cuadrado
TD*TT	1,16	1,08	0,861	0,139
Nivel educativo	1,41	1,19	0,7068	0,2932
Características del hogar	4,64	2,15	0,2157	0,7843
TT*A	1,16	1,08	0,8639	0,1361
Número de personas en el hogar	1,71	1,31	0,5862	0,4138
Número de habitaciones en el hogar	1,88	1,37	0,5326	0,4674
Nivel socioeconómico	5,18	2,28	0,193	0,807
Edad	1,03	1,02	0,9672	0,0328
Sexo	1,04	1,02	0,959	0,041
Asistencia a colegio privado	1,21	1,1	0,8297	0,1703
VIF promedio	2,04			

Tabla A.2.2
Modelo 2 sin colegio público

Variable	VIF	Raíz cuadrada VIF	Tolerancia	R-cuadrado
TD*TT	1,16	1,08	0,86	0,14
Nivel educativo	1,41	1,19	0,71	0,29
Características del hogar	4,64	2,15	0,22	0,78
TT	1,33	1,15	0,75	0,25
Año de la encuesta	1,04	1,02	0,96	0,04
Número de personas en el hogar	1,71	1,31	0,59	0,41
Número de habitaciones en el hogar	1,88	1,37	0,53	0,47
Nivel socioeconómico	5,18	2,28	0,19	0,81
Edad	1,03	1,02	0,97	0,03
Sexo	1,04	1,02	0,96	0,04
Asistencia a colegio privado	1,21	1,1	0,83	0,17
VIF promedio	1,99			

Elaboración propia.

Anexo 3: VIF – modelo sin colegio público ni nivel socioeconómico

Tabla A.3.1
Modelo 1 sin colegio público ni nivel socioeconómico

Variable	VIF	Raíz cuadrada VIF	Tolerancia	R-cuadrado
TD*TT	1,16	1,07	0,87	0,13
Nivel educativo	1,36	1,16	0,74	0,26
Características del hogar	1,4	1,19	0,71	0,29
TT*A	1,13	1,06	0,88	0,12
Número de personas en el hogar	1,63	1,28	0,61	0,39
Número de habitaciones en el hogar	1,78	1,34	0,56	0,44
Edad	1,03	1,02	0,97	0,03
Sexo	1,04	1,02	0,96	0,04
Asistencia a colegio privado	1,2	1,09	0,84	0,16
VIF promedio	1,3			

Tabla A.3.2
Modelo 2 sin colegio público ni nivel socioeconómico

Variable	VIF	Raíz cuadrada VIF	Tolerancia	R-cuadrado
TD*TT	1,36	1,17	0,74	0,26
Nivel educativo	1,36	1,17	0,74	0,26
Características del hogar	1,41	1,19	0,71	0,29
TT	1,33	1,15	0,75	0,25
Año de la encuesta	1,01	1,00	0,99	0,01
Número de personas en el hogar	1,63	1,28	0,61	0,39
Número de habitaciones en el hogar	1,78	1,34	0,56	0,44
Edad	1,03	1,02	0,97	0,03
Sexo	1,04	1,02	0,96	0,04
Asistencia a colegio privado	1,20	1,09	0,84	0,16
VIF promedio	1,32			

Elaboración propia.

Anexo 4: Aplicación de criterios de selecciónTabla A.4.1
Modelo 1

R-cuadrado	Mallows C	SEE	MSE	Modelos
0,2405	1.778,09	3,16E+05	0,4952	ne ch anios cole_privado nhab
0,24	2.150,52	3,16E+05	0,4955	ne ch t_t_a cole_privado nhab
0,2399	2.278,89	3,16E+05	0,4956	tdtt ne ch cole_privado nhab
0,2398	2.336,29	3,16E+05	0,4956	ne ch sexo cole_privado nhab
0,2255	14.401,66	3,22E+05	0,505	tdtt ne ch t_t_a cole_privado
0,2253	14.559,06	3,22E+05	0,5051	ne ch t_t_a cole_privado
0,2009	35.057,5	3,32E+05	0,521	tdtt ch t_t_a np cole_privado
0,2008	35.109,17	3,32E+05	0,521	ne ch np nhab
0,2007	35.198,18	3,32E+05	0,5211	ch t_t_a np cole_privado
0,1999	35.859,34	3,32E+05	0,5216	ne ch nhab
0,1629	67.023,15	3,48E+05	0,5457	tdtt sexo cole_privado nhab
0,2426	68.288,79	3,48E+05	0,5467	tdtt ne ch t_t_a np anios sexo cole_privado nhab
0,1614	68.288,79	3,48E+05	0,5467	np anios sexo cole_privado nhab
0,1613	68.357,62	3,48E+05	0,5468	tdtt ch t_t_a nhab

Tabla A.4.2
Modelo 2

R-cuadrado	Mallows C	SEE	MSE	Modelos
0,2407	2.903,39	3,16E+05	0,4951	ne ch serie nhab cole_privado
0,2405	3.068,29	3,16E+05	0,4952	ne ch nhab anios cole_privado
0,2399	3.570,09	3,16E+05	0,4956	tdtt ne ch nhab cole_privado
0,2398	3.627,61	3,16E+05	0,4956	ne ch nhab sexo cole_privado
0,1965	40.149,79	3,34E+05	0,5239	ne tt serie anios cole_privado
0,1931	43.031,85	3,35E+05	0,5261	ch tt anios cole_privado
0,1695	62.874,17	3,45E+05	0,5414	tdtt ne tt np nhab
0,1617	69.481,4	3,48E+05	0,5465	tt serie nhab anios cole_privado
0,1617	69.494,03	3,48E+05	0,5466	serie nhab anios cole_privado
0,1616	69.571,12	3,48E+05	0,5466	ch np nhab sexo
0,2441	69.713,28	3,48E+05	0,5467	tdtt ne ch tt serie np nhab anios sexo cole_privado
0,1614	69.713,28	3,48E+05	0,5467	np nhab anios sexo cole_privado
0,1612	69.889,11	3,49E+05	0,5469	tdtt ch tt serie nhab

Elaboración propia.

Anexo 5: Aplicación de criterios de información Akaike Information Criterion y Bayesian Information Criterion

Prueba de criterios de información: modelo con menor CP Mallows y un parámetro de interés

Fuente	SS	df	MS	Número de obs.	=	637.245
Modelo	99.715,47	5	19.943,09	F(5, 637239)	=	40.250,40
Residual	315.736,40	637.239	0,50	Prob. > F	=	0
				R-cuadrado ajustado	=	0,24
				Raíz MSE	=	0,7039

Ln (gasto)	Coficiente	Desviación estándar	t	P>t	[95% Conf.	Interval]
Nivel educativo	0,094	0,001	149,47	0,00	0,092	0,095
Características del hogar	0,090	0,001	134,84	0,00	0,088	0,091
TT*A	-0,025	0,0010	-27,68	0,00	-0,027	-0,023
Asistencia a colegio privado	0,340	0,002	178,76	0,00	0,336	0,344
Número de habitaciones en el hogar	0,074	0,001	111,22	0,00	0,073	0,075
Constante	5,678	0,0054	1494,78	0,00	5,670	5,685

Criterio de Información: Akaike y Schwartz Bayesian

Modelo	Observaciones	Ll(nula)	Ll(modelo)	df	AIC	BIC
.	637.245	-767.909	-680.460	10	1.360.932	1.361.000

Prueba de criterios de información: modelo con menor CP Mallows y ambos parámetros de interés

Fuente	SS	df	MS	Número de obs.	=	637.245
Modelo	93.665,68	5	18.733,1	F(5, 637239)	=	37.097,6
Residual	321.786,1	637.239	0,50	Prob. > F	=	0
				R-cuadrado ajustado	=	0,2254
				Raíz MSE	=	0,71061

Servicio de transporte público: ¿genera impacto en la productividad laboral de los ciudadanos de Lima Metropolitana y el Callao entre 2016 y 2018?

Ln (gasto)	Coefficiente	Desviación estándar	t	P>t	[95% Conf.	Interval]
TD*TT	-0,0003	0,00	-12,49	0,00	0,00	0,00
Nivel educativo	0,10	0,00	158,31	0,00	0,10	0,10
Características del hogar	0,10	0,00	155,49	0,00	0,10	0,10
TT*A	-0,02	0,00	-23,81	0,00	-0,02	-0,02
Asistencia a colegio privado	0,36	0,00	185,14	0,00	0,35	0,36
Constante	5,84	0,00	1580,62	0,00	5,83	5,84

Criterio de información: Akaike y Schwartz Bayesian

Modelo	Observaciones	Ll(nula)	Ll(modelo)	df	AIC	BIC
.	637.245	-767.909	-686.507	6	1.373.027	1.373.095

Prueba de criterios de información: modelo con mayor R²:

Fuente	SS	df	MS	Número de obs.	=	637.245
Modelo	100.776,43	9,00	11.197,38	F(9, 637235)	=	22.675
Residual	314.675,43	637.235,00	0,49	Prob. > F	=	-
Total	415.451,86	637.244,00	0,65	R-cuadrado ajustado	=	0,243
				Raíz MSE	=	0,703

Ln (gasto)	Coefficiente	Desviación estándar	t	P>t	[95% Conf]	Interval]
TD*TT	-0,0004	0,00	-17,69	0,00	0,00	0,00
Nivel educativo	0,0938	0,00	149,73	0,00	0,09	0,10
Interacción: TT*A	-0,0183	0,00	-19,12	0,00	-0,02	-0,02
Número de personas en el hogar	-0,0012	0,00	-2,00	0,05	0,00	0,00
Edad	0,0029	0,00	37,28	0,00	0,00	0,00
Sexo	0,0446	0,00	24,55	0,00	0,04	0,05
Características del hogar	0,0898	0,00	134,32	0,00	0,09	0,09
Asistencia a colegio privado	0,3340	0,00	173,40	0,00	0,33	0,34
Número de habitaciones en el hogar	0,0769	0,00	91,02	0,00	0,08	0,08
Constante	5,5689	0,01	1056,27	0,00	5,56	5,58

Criterio de información: Akaike y Schwartz Bayesian

Modelo	Observaciones	Ll(nula)	Ll(modelo)	df	AIC	BIC
.	637.245	-767.909	-679.388	10	1.358.795	1.358.909

Elaboración propia.

Anexo 6: Pruebas Breusch Pagan y White

Prueba Breusch Pagan:

Fuente	SS	Df	MS	Número de obs.	=	637.245
Modelo	100.776,43	9	11.197	F(9, 637235)	=	22.675,31
Residuo	314.675,43	637.235	0	Prob. > F	=	0
Total	415.451,86	637.244	1	R-cuadrado ajustado	=	0,2426
				Raiz MSE	=	0,70272

Ln (gasto)	Coficiente	Desviación estándar	t	P>t	[95% Conf.	Interval]
TD*TT	0,00	0,00	-17,69	0,000	0,000	0,000
Nivel educativo	0,09	0,00	149,73	0,000	0,093	0,095
TT*A	-0,02	0,00	-19,12	0,000	-0,020	-0,016
Número de personas en el hogar	0,00	0,00	-2,00	0,046	-0,002	0,000
Edad	0,00	0,00	37,28	0,000	0,003	0,003
Sexo	0,04	0,00	24,55	0,000	0,041	0,048
Características del hogar	0,09	0,00	134,32	0,000	0,088	0,091
Asistencia a colegio privado	0,33	0,00	173,40	0,000	0,330	0,338
Número de habitaciones en el hogar	0,08	0,00	91,02	0,000	0,075	0,079
Constante	5,57	0,01	1056,27	0,000	5,559	5,579

Grados de libertad de la prueba: 9

Breusch Pagan / Cook-Weisberg prueba de heterocedasticidad

Ho: Varianza constante

$\chi^2(9) = 4.880,88$

Prob. > $\chi^2 = 0,0000$

$\text{display inv}\chi^2(9, 0,90) = 14,683657$

$\text{display inv}\chi^2(9, 0,95) = 16,918978$

$\text{display inv}\chi^2(9, 0,99) = 21,665994$

Prueba White

Fuente	SS	df	MS	Número de obs.	=	637.245
Modelo	100.776,43	9,00	11.197,38	F(9, 637235)	=	22.675,31
Residual	314.675,43	637.235,00	0,49	Prob. > F	=	0,00
Total	415.451,86	637.244,00	0,65	R-cuadrado ajustado	=	0,24
				Raíz MSE	=	0,70

Ln (gasto)	Coficiente	Desviación estándar	t	P>t	[95% Conf.	Interval]
TD*TT	0,000	0,000	-17,690	0,000	0,000	0,000
Nivel educativo	0,094	0,001	149,730	0,000	0,093	0,095
TT*A	-0,018	0,001	-19,120	0,000	-0,020	-0,016
Número de personas en el hogar	-0,001	0,001	-2,000	0,046	-0,002	0,000
Edad	0,003	0,000	37,280	0,000	0,003	0,003
Sexo	0,045	0,002	24,550	0,000	0,041	0,048
Características del hogar	0,090	0,001	134,320	0,000	0,088	0,091
Asistencia a colegio privado	0,334	0,002	173,400	0,000	0,330	0,338
Número de habitaciones en el hogar	0,077	0,001	91,020	0,000	0,075	0,079
Constante	5,569	0,005	1056,270	0,000	5,559	5,579

Grados de libertad de la prueba: 54

Test estadístico general de White: 42.008,38 Chi-sq(52) P-value = 0

$\text{display invchi2}(54, 0,90) = 67,672786$

$\text{display invchi2}(54, 0,95) = 72,153216$

$\text{display invchi2}(54, 0,99) = 81,068772$

Elaboración propia.