

EFFECTO DE LOS RECURSOS ECONÓMICOS INVERTIDOS EN CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE CARRETERAS SOBRE LA ACCIDENTABILIDAD EN EUROPA

Francisco Calvo-Poyo, Grupo TRYSE, Universidad de Granada fjcalvo@ugr.es
José Navarro-Moreno, Grupo TRYSE, Universidad de Granada janavarro@ugr.es
Juan de Oña, Grupo TRYSE, Universidad de Granada jdona@ugr.es

RESUMEN

En el presente estudio, se formula un modelo de datos de panel a nivel europeo con el fin de analizar la posible influencia de los recursos económicos invertidos en carreteras sobre la seguridad vial. Para ello, se utilizan datos correspondientes a veinte países europeos y durante un periodo de diecinueve años. Además, debido a la multitud de factores que pueden influir en el tema de estudio, se incorporan una serie de variables de control de diversos aspectos: socioeconómicos, de composición de la red de carreteras y legislativos. Como resultado principal, cabe destacar el efecto beneficioso del gasto en mantenimiento de carreteras sobre la seguridad vial.

Palabras claves: inversión en construcción, gasto en mantenimiento, seguridad vial

ABSTRACT

In this study, a European panel data model is formulated to analyze the possible influence of the economic resources invested in roads upon road safety. For this purpose, data for twenty European countries and over a period of nineteen years is used. In addition, and due the multitude of factors that can influence the occurrence of accidents, a series of control variables are incorporated to account various aspects, such as socioeconomics, road networks and legislation. Findings show a beneficial effect of road maintenance expenditure in reducing accidents, thus enhancing road safety.

Keywords: investment in roads, road maintenance expenditure, road safety

1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El transporte por carretera lleva asociado una gran cantidad de accidentes que es necesario erradicar cuanto antes. En Europa, a pesar de contar con el menor índice de muertes en accidentes en carretera del mundo, 9.3 por cada 100.000 habitantes (WHO, 2018), los países miembros de la Unión Europea se reafirman en un ambicioso objetivo: cero víctimas mortales para 2050. Esto supone un gran reto, ya que, por una parte, esta última década ha estado marcada por varias crisis económicas que han afectado seriamente a los recursos presupuestarios destinados a las carreteras. Muestra de ello, es que los niveles de inversión en infraestructuras para el conjunto de países de la UE, en 2016 aún se encontraba un 20% por debajo de los niveles anteriores a la crisis económica de 2008-2014 (European Investment Bank, 2016). Mientras tanto, la reducción en el número de muertes en carretera ha llevado un ritmo más lento de lo planeado: tan solo un 24% desde 2010 hasta 2019, cuando había un objetivo de reducción del 50% de víctimas para 2020 (European Commission, 2010; European Transport Safety Council (ETSC), 2021). Incluso considerando la reducción atípica entre 2019 y 2020, como consecuencia de la pandemia de COVID-19, tampoco se ha alcanzado el objetivo. Por ello, resulta de vital interés analizar los factores que influyen en este problema del transporte por carretera, y uno de los más importantes es el estado de la red viaria. Por tanto, una forma indirecta de considerar dicho estado en un estudio de seguridad vial es a través de los recursos económicos invertidos en carreteras, ya sea en construcción o como gasto en mantenimiento. De esta forma, existen estudios con modelos realizados para países en concreto, principalmente, que han considerado los recursos económicos entre las posibles variables explicativas. En el caso de Noruega, Fridstrøm e Ingebrigtsen (1991) encontrando un efecto favorable del gasto en mantenimiento sobre la seguridad vial. Respecto a la inversión en construcción, hallaron resultados contradictorios en función de la titularidad de la vía.

En España, Aparicio *et al.*, (2013) no obtuvieron resultados concluyentes respecto al gasto en mantenimiento y conservación de carreteras, ya que aparecía relacionado con disminuciones en los accidentes con heridos, y aumentos en los accidentes con fallecidos. Sí que observaron que el aumento de la proporción de carreteras de gran capacidad estaba relacionado con una reducción del número de accidentes. Por su parte, Albalade *et al.* (2013) también analizaron la influencia sobre la seguridad vial de este tipo de recursos económicos junto con otras variables, entre ellas los cambios normativos que afectan a la circulación. Hallaron una relación inversa entre el gasto en mantenimiento de carreteras y los fallecimientos. Por otro lado, la inversión en construcción no mostró resultados significativos cuando se tuvieron en cuenta los cambios normativos. Por otro lado, Sánchez *et al.* (2018) hallaron como significativas las relaciones de las inversiones realizadas tanto en construcción como en mantenimiento de carreteras respecto a diversos indicadores de siniestralidad. Sin embargo, dichas variables mostraban distinto comportamiento: negativo para el mantenimiento y positivo para la construcción. Posteriormente, Sánchez *et al.* (2020) realizaron un estudio similar y con los mismos indicadores de siniestralidad, pero esta vez, utilizaron dos modelos para cada indicador: uno para provincias con renta per cápita alta y otro para los que tienen baja renta per cápita. Los resultados obtenidos mostraron que los recursos económicos, tanto construcción como mantenimiento, podían tener distinto signo en función del nivel de renta per cápita de la provincia.

En Estados Unidos, Nguyen-Hoang and Yeung (2014) estudiaron los efectos de las inversiones realizadas en construcción y mantenimiento de carreteras en 48 estados sobre la mortalidad. Junto con las variables económicas, añadieron otra serie de variables explicativas con el fin de controlar los efectos de las características de los conductores, la normativa gubernamental, la exposición y las condiciones económicas de cada estado. Los resultados obtenidos mostraron una relación inversa entre las variables de inversiones viarias, tanto en construcción como en mantenimiento, y el número fallecimientos.

En Chile, Sánchez-González *et al.* (2021) analizaron la influencia de las condiciones regionales sobre los accidentes de tráfico. Como variables dependientes consideraron ocho indicadores de severidad, definidos según el número de víctimas, el número de vehículos registrados y la población. Respecto a las variables explicativas, incluyeron los recursos económicos invertidos en construcción y en reposición, entre otras. En cuanto a los resultados obtenidos, el gasto en reposición resultó significativo en cuatro de los indicadores, mostrando relaciones inversas en todos ellos. Sin embargo, en el caso de heridos graves por vehículo, el gasto en mantenimiento reflejó también una relación contradictoria: directa durante el año de ejecución del gasto e inversa para el retardo de dos años. Por otro lado, la inversión en construcción mostró una relación directa y significativa en tres de los ocho indicadores considerados.

A nivel internacional, Calvo-Poyo *et al.* (2020) realizaron un estudio a nivel europeo acerca de la influencia de los recursos económicos invertidos en carreteras sobre la mortalidad. Además, incluyeron una serie de variables de control de factores específicos del transporte, socioeconómicos y meteorológicos. Los resultados obtenidos mostraron una relación directa para la inversión en construcción, e inversa para el gasto en mantenimiento, siendo representativas ambas variables únicamente en el año posterior al de la ejecución del gasto.

Continuando a nivel internacional, en el presente artículo, se amplía el estudio realizado por Calvo-Poyo *et al.* (2020), al analizar la influencia que los recursos económicos invertidos en carreteras pueden tener sobre la ocurrencia de accidentes con heridos, añadiendo, además, un control de factores legislativos. El ámbito del estudio es europeo y se centra en la red viaria interurbana.

2 METODOLOGÍA

2.1. Selección de variables

Buscando maximizar el número de países y periodo de estudio, se han recopilado datos desde 1998 hasta 2016 de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Chequia, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, y Suecia. De los países considerados, tan solo dos no forman parte a día de hoy de la UE: Noruega y Reino Unido. También se ha intentado incluir al resto de países de la UE (Bulgaria, Chipre, Grecia, Hungría y Rumanía), pero no se han podido obtener datos suficientemente desagregados, bien del

número de accidentes con heridos en carreteras interurbanas o bien de los recursos económicos invertidos en carreteras.

Respecto a la elección de variables a incluir en el estudio, en cuanto a modelos de siniestralidad vial, Hakkert and Braimaister (2002) recomiendan utilizar una ratio en función del nivel de exposición como variable explicada. De los posibles indicadores para medir el nivel de exposición, el número de pasajeros-km es el único que presenta suficientes datos para todos los países y años del estudio. Por lo tanto, siguiendo las recomendaciones presentes en la literatura, en este estudio se utiliza una tasa de siniestralidad como variable dependiente, definida como el número de accidentes en vías interurbanas por cada mil millones de pasajeros-km. De esta forma, también se controla en la variable dependiente el factor que más contribuye a la ocurrencia de accidentes de tráfico, la exposición.

Con respecto a las variables explicativas, y como variables principales de estudios, se han considerado la inversión en construcción de carreteras y el gasto en mantenimiento, junto con otra serie de variables de control incluidas en artículos relacionados con el tema de estudio.

Respecto a los recursos económicos destinados a las carreteras, con el fin de obtener unas cantidades comparables entre países, se expresan de forma unitaria por kilómetro de red. Además, para tener en cuenta, de una forma aproximada, las características de la infraestructura viaria, se utiliza la proporción de vías de gran capacidad.

Continuando con el control de factores socioeconómicos, se incluyen en el modelo las variables de tasa de motorización, tasa de desempleo, renta per cápita y consumo de alcohol per cápita. Por último, como control de factores legislativos se decide incorporar la introducción del sistema de carnet por puntos, siendo una característica común de este tipo de sistemas en los países estudiados, que, llegado a cierto límite de puntos, se procede a la retirada del permiso de conducción.

En la Tabla 1 se resume la relación de variables seleccionadas para su inclusión en el modelo, junto con la definición de las mismas y sus fuentes. Además, en la Tabla 2 se muestran los principales estadísticos descriptivos de éstas.

Tabla 1. Definición de las variables y Fuente

| Variable | Unidad | Fuente |
|------------------------|--------------------------------------|--|
| Accid_pkm | Accidentes por mil millones de pkm | UNECE; RSA de Irlanda |
| Inv_cons Gasto_mant | y Miles de euros por km (2015 ctes.) | OECD/ITF; <i>Ministerstvo dopravy</i> , Chequia; <i>Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur</i> , Alemania; <i>Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat</i> , Países Bajos; <i>Ministério da Economia e Transição Digital</i> , Portugal; <i>Ministerio de Fomento</i> , España; and <i>Trafikverket</i> , Suecia. |

| | | |
|------------|--|--|
| Prop_vias | Proporción de vías de gran capacidad (%) | Dirección General de Movilidad y Transporte de la UE (DG MOVE); <i>Ministère de l'environnement de l'énergie et de la mer</i> , Francia; <i>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</i> , Italia; <i>Statistisk sentralbyrå</i> , Noruega; <i>Instituto Nacional de Estatística</i> , Portugal. |
| Tasa_motor | Coches por 1.000 habitantes | DG MOVE |
| Desempleo | Tasa de desempleo (%) | Eurostat |
| Renta_cap | Miles de euros per cápita (2015 ctes.) | Banco Mundial |
| Alcohol | Litros per cápita (Edad > 15) | Organización Mundial de la Salud (OMS) |
| Carnet | Dummy (0, 1) | European Transport Safety Council (ETSC), EU BestPoint-Project |

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables

| Variable | Obs. | Media | Des. Estand. | Mín. | Máx. |
|------------|------|---------|--------------|---------|---------|
| Accid_pkm | 380 | 106.866 | 59.63 | 14.252 | 312.265 |
| Inv_cons | 380 | 20.255 | 35.519 | 0.033 | 279.89 |
| Gasto_mant | 380 | 8.151 | 11.14 | 0.247 | 83.758 |
| Prop_vias | 380 | 2.57 | 4.108 | 0 | 21.419 |
| Tasa_motor | 380 | 435.293 | 89.504 | 199.385 | 625.17 |
| Desempleo | 380 | 9.097 | 4.073 | 3.1 | 26.1 |
| Renta_cap | 380 | 27.014 | 12.898 | 5.239 | 57.399 |
| Alcohol | 380 | 10.929 | 2.108 | 6.2 | 17.75 |
| Carnet | 380 | .624 | .485 | 0 | 1 |

Respecto a la serie de variables a usar como regresores, no se han detectado problemas de multicolinealidad. Para comprobar esta posibilidad, se han verificado tanto las correlaciones entre cada par de variables, como el Factor de Inflación de la Varianza (FIV). Tal y como se muestra en la Tabla 3, solo las variables que representan el retardo de un año (referidas a la inversión en construcción, y al gasto en mantenimiento), muestran unos coeficientes de correlación superiores a 0.8, lo cual es perfectamente razonable. Por otro lado, el FIV conjunto (5.37) no supera un valor de 10, cifra generalmente considerada como indicativa de este “problema”.

Por otro lado, para asegurar la estacionariedad de las distintas series temporales, se procede a la comprobación de la existencia de raíces unitarias en los paneles. Para ello, y debido a la existencia de correlación contemporánea, se aplica el Test de Breitung (Breitung and Das, 2005), el cual supone en la hipótesis nula la existencia de raíces unitarias y en la hipótesis alternativa la estacionariedad de los paneles. Los resultados de los test, aceptan fuertemente la hipótesis nula para las variables de proporción de vías de gran capacidad, y, en menor medida, también se acepta para el consumo de alcohol. En la tabla 4 se reflejan estos resultados. Así pues, para conseguir la estacionariedad de estas tres variables, se procede a diferenciarlas, considerando por tanto en el modelo, la variación anual de las mismas.

Tabla 3. Matriz de correlaciones

| Variables | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1. Inv_cons | 1.00 | | | | | | | | | |
| 2. L. Inv_cons | 0.96 | 1.00 | | | | | | | | |
| 3. Gasto_mant | 0.36 | 0.35 | 1.00 | | | | | | | |
| 4. L. Gasto_mant | 0.37 | 0.38 | 0.94 | 1.00 | | | | | | |
| 5. Prop_vias | 0.72 | 0.75 | 0.26 | 0.26 | 1.00 | | | | | |
| 6. Tasa_motor | -0.03 | -0.02 | 0.35 | 0.36 | 0.07 | 1.00 | | | | |
| 7. Desempleo | -0.05 | -0.02 | -0.03 | -0.03 | 0.20 | -0.39 | 1.00 | | | |
| 8. Renta_cap | -0.11 | -0.12 | 0.11 | 0.11 | -0.13 | 0.49 | -0.55 | 1.00 | | |
| 9. Alcohol | 0.16 | 0.15 | -0.27 | -0.28 | 0.08 | -0.15 | -0.17 | -0.22 | 1.00 | |
| 10. Carnet | -0.18 | -0.18 | 0.07 | 0.06 | -0.17 | 0.28 | -0.02 | 0.14 | -0.08 | 1.00 |

Tabla 4. Resultados del test de raíces unitarias de Breitung para las variables explicativas

| | Estadístico | p-valor |
|------------|-------------|---------|
| Inv_cons | -2.0963 | 0.0180 |
| Gasto_mant | -1.5722 | 0.0579 |
| Prop_vias | 1.9026 | 0.9715 |
| Tasa_motor | 1.5233 | 0.9362 |
| Desempleo | -5.1139 | 0.0000 |
| Renta_cap | -1.8656 | 0.0310 |
| Alcohol | -1.2979 | 0.0972 |
| Carnet | x | x |

2.2. Formulación del modelo

Dada la naturaleza de los datos, con 20 países distintos y durante 19 años, se opta por formular un modelo de panel cuyo objetivo es explicar los accidentes con heridos ocurridos en carreteras a lo largo del tiempo y en los países seleccionados. Este tipo de modelos son ampliamente utilizados en la literatura sobre seguridad vial a nivel macro, sin embargo, cuentan con una serie de fenómenos propios que deben ser analizados con el fin de obtener estimadores robustos. Para ello, se han realizado una serie de test para comprobar las hipótesis homocedasticidad a lo largo del corte transversal (test de Levene (1960)), inexistencia de correlación serial de primer orden (test de Wooldridge (2007)) y de independencia de corte transversal (test de Pesaran (2020)). Los resultados de estos test, en los que la hipótesis nula asume las propiedades comentadas, son fuertemente rechazados, tal y como se puede observar en la Tabla 5. Como consecuencia, se considera la existencia en el panel de heterocedasticidad grupal, de autocorrelación de primer orden, y de correlación contemporánea.

Tabla 5. Resultados de los test de Levene, Wooldridge y Pesaran

| | | |
|----------------------------|--|--------|
| Test de Levene: | W0: F (19, 360) | 15.306 |
| | Prob. > F = | 0.000 |
| | W50: F (19, 360) | 9.287 |
| | Prob. > F = | 0.000 |
| | W10: F (19, 360) | 14.394 |
| | Prob. > F = | 0.000 |
| Test de Wooldridge: | F (1, 19) = | 74.793 |
| | Prob. > F = | 0.000 |
| Test de Pesaran: | Estadístico = | 13.465 |
| | Prob. = | 0.000 |
| | Valor absoluto medio de los valores fuera de la diagonal = | 0.395 |

Por tanto, para solventar estos problemas y obtener una mejor inferencia del modelo lineal estimado a partir de datos de series temporales, se utiliza el método de errores estándar corregidos para panel (PCSE) propuesto por Beck y Katz (1995), con una autocorrelación de primer orden específica para cada país. Así, el modelo de panel de datos empleado adopta la siguiente forma:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_K X_{Kit} + \mu_{it}$$

en el cual, y_{it} representa la variable explicada, con subíndices i para cada país y t por cada año. X_{Kit} son las variables explicativas, siendo k el número de éstas, β_k son los coeficientes estimables y μ_{it} el término de error:

$$\mu_{it} = \rho_i \mu_{it-1} + \epsilon_{it}$$

siendo ρ_i el parámetro de autocorrelación específico para cada país y ϵ_{it} se corresponde con los errores independientes e idénticamente distribuidos. El software utilizado para estimar el modelo es STATA versión 12.1, en el cual se aplica una regresión de Prais-Winsten para estimar los parámetros.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 6 se presentan los resultados de las regresiones realizadas para dos modelos. Así, en el modelo (1) se incluyen solamente las variables explicativas correspondientes a la inversión en construcción y al gasto en mantenimiento. Además, también se consideran los retardos de un año para estas variables. Posteriormente, en el modelo (2) se añaden el resto de variables de control, pudiendo observarse así un eventual cambio de signo o nivel de significancia de las variables introducidas en el modelo (1), así como comprobar la relación de estas nuevas variables con la tasa de accidentes.

Tabla 6. Resultados de los modelos

| | (1) | (2) |
|---------------|-----------------------|-----------------------|
| Inv_cons | .111 (.078) | .048 (.076) |
| L. Inv_cons | .198*** (.073) | .139* (.077) |
| Gasto_mant | -.139 (.104) | .006 (.11) |
| L. Gasto_mant | -.228** (.105) | -.196* (.117) |
| D. Prop_vias | | -.676 (4.597) |
| D. Tasa_motor | | -.03 (.061) |
| Desempleo | | -2.256*** (.492) |
| Renta_cap | | -1.355*** (.158) |
| D. Alcohol | | 2.153* (1.216) |
| Carnet | | -13.469*** (3.178) |
| _cons | 100.859*** (7.939) | 164.786*** (7.603) |
| Observations | 360 | 360 |
| R-squared | .575 | .82 |

Errores estándares corregidos entre paréntesis. “L” significa que la variable ha sido introducida con un año de retardo y “D” significa que la serie ha sido diferenciada.

**** $p < .01$, ** $p < .05$, * $p < .1$*

En primer lugar, en el modelo (1), las dos variables consideradas obtienen resultados significativos solo para el caso con un año de retardo, y muestran distinto signo: positivo para la construcción y negativo para el mantenimiento. Respecto al comportamiento de esta variable de inversión en construcción, existe la posibilidad de producirse el denominado “efecto Peltzman” (Peltzman, 1975), por el cual los conductores tenderían a asumir un mayor riesgo en la conducción cuando perciben que mejoran los factores que afectan a la misma. Este efecto de compensación de riesgos puede producir un incremento de la siniestralidad en diversas situaciones relacionadas con la carretera, por ejemplo, cuando el conductor percibe un buen estado del pavimento, o mediante la confianza que le aportan diversos dispositivos de seguridad pasivos del vehículo, como el airbag o el cinturón de seguridad. En el caso de carreteras de nueva construcción, de forma indirecta y como consecuencia de unas mejores calidades, se podría producir este efecto no deseado sobre la seguridad vial.

Por otro lado, la variable correspondiente al gasto en mantenimiento muestra una relación inversa con la tasa de accidentes. Este resultado también se encuentra en línea con los hallados previamente en la literatura (Calvo-Poyo *et al.*, 2020), y refleja el efecto beneficioso del gasto en mantenimiento sobre la seguridad vial reportado en estudios a nivel nacional e internacional. El resultado obtenido en el presente estudio aporta evidencia sobre la influencia beneficiosa que el gasto en mantenimiento de carreteras tiene sobre el principal coste externo de las carreteras, que son los accidentes de tráfico y las víctimas asociadas a ellos.

Seguidamente, en el modelo (2) se añaden el resto de variable que pueden influir potencialmente a la ocurrencia de accidentes, de manera que se comprueba si los efectos que las inversiones en carreteras muestran sobre la tasa de accidentes se mantienen, tanto en nivel de significancia como en signo de la relación. Estas variables son: la proporción de vías de gran capacidad, la tasa de motorización (como variación anual), la tasa de desempleo, la renta per cápita, la variación anual de consumo de alcohol per cápita y la introducción de un sistema de Carnet por puntos. En primer lugar, se comprueba que las relaciones significativas mostradas en el modelo (1) mantienen el signo, aunque disminuye el nivel de significancia de las mismas. Por otro lado, las variables correspondientes a la proporción de vías de gran capacidad y tasa de motorización no han resultado significativas. Continuando con el resto, las variables de tasa de desempleo y renta per cápita sí que muestran resultados significativos y con una relación inversa respecto a la tasa de accidentes, lo cual se halla en sintonía con estudios previos (Albalate *et al.*, 2013; Calvo-Poyo *et al.*, 2020; Sánchez *et al.*, 2018). Esta relación inversa de la tasa de desempleo puede deberse a que el grupo de mayor riesgo, los jóvenes, es a su vez el más afectado por periodos económicos adversos con elevadas tasas de paro. Por otro lado, la relación inversa entre la renta per cápita y la siniestralidad obtenida en el modelo, se haya en sintonía con estudios previos a nivel macro que han vinculado unas condiciones económicas favorables con una mayor seguridad vial, especialmente relacionadas con una disminución de la mortalidad (Bishai *et al.*, 2006).

Continuando con el resto de variables incluidas en el modelo (2), la variación anual de consumo de alcohol per cápita y la introducción de un sistema de carnet por puntos, ambas han obtenido resultados estadísticamente significativos, aunque de distinto signo. Respecto al consumo de alcohol, su relación directa con la siniestralidad en las carreteras está muy presente en la literatura. Como ejemplo a nivel europeo, el 25 % de los accidentes mortales están relacionados con el consumo alcohol, y esto a pesar de que tan solo el 1,6% del total de kilómetros recorridos lo realizan conductores que superan una tasa de 0,5 g/l de alcohol en sangre (European Commission, 2015). Por otra parte, la introducción de algún tipo de sistema de carnet por puntos, ha dado como resultado el tener una influencia beneficiosa sobre la seguridad vial. Estos efectos beneficiosos provocados por la introducción de un nuevo marco normativo, pueden venir derivados de un cambio en el comportamiento de los conductores: a medida que aumentan o disminuyen los puntos acumulados (dependiendo del sistema), se percibe un mayor riesgo de retirada de licencia y, como consecuencia, se produce una mayor adherencia al cumplimiento de la normativa de circulación.

4 CONCLUSIONES

En el presente artículo se ha analizado la influencia de los recursos económicos invertidos en la infraestructura viaria sobre la accidentabilidad a nivel europeo. Debido a que la ocurrencia de accidentes en carreteras es un problema complejo, se han añadido una serie de variables de control relativas a diversos factores: infraestructura, socioeconómicos y legislativos. Para llevar a cabo el análisis, se ha formulado un modelo de datos de panel con veinte países y para el periodo comprendido entre 1998 y 2016.

Tanto las variables correspondientes a la inversión en construcción y al gasto en mantenimiento, han mostrado efectos significativos durante el año posterior al de ejecución de los mismos. Además, este resultado es consistente con la bibliografía consultada. Por lo tanto, y debido a su efecto beneficioso en términos de seguridad vial, el gasto efectuado en mantenimiento de carreteras puede ser una herramienta eficaz para la reducción de los accidentes de tráfico a nivel europeo.

Adicionalmente, cuatro de las variables de control han obtenido resultados significativos. Así pues, la tasa de desempleo, la renta per cápita y el sistema de carnet por puntos han mostrado una influencia beneficiosa en la reducción de la tasa de accidentes. Por otro lado, la variación anual en el consumo de alcohol per cápita ha mostrado una relación directa con el aumento de la tasa de accidentes.

5 AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido realizado en el marco del proyecto “Inversión en carreteras y seguridad vial: un análisis internacional (INCASE)”, financiado por: FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades–Agencia Estatal de Investigación/ Proyecto RTI2018-101770-B-I00, dentro del Programa Estatal de I+D+i Orientado a los Retos de la Sociedad.

6 REFERENCIAS

Albalade, D., Fernández, L., Yarygina, A. (2013) The road against fatalities: Infrastructurespending vs. regulation? **Accid. Anal. Prev.** 59, 227–239. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.06.008>

Aparicio Izquierdo, F., Arenas Ramírez, B., Bernardos Rodríguez, E. (2013) The interurban DRAG-Spain model: The main factors of influence on road accidents in Spain. **Res. Transp. Econ.** 37, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2011.08.011>

Beck, N., Katz, J.N. (1995) What To Do (and Not to Do) with Time-Series Cross-Section Data. **Am. Polit. Sci. Rev.** 89, 634–647. <https://doi.org/10.2307/2082979>

Bishai, D., Quresh, A., James, P., Ghaffar, A. (2006) National road casualties and economic development. **Health Econ.** 15, 65–81. <https://doi.org/10.1002/hec.1020>

Breitung, J., Das, S. (2005) Panel unit root tests under cross-sectional dependence. **Stat. Neerl.** 59, 414–433. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9574.2005.00299.x>

Calvo-Poyo, F., Navarro-Moreno, J., de Oña, J. (2020) Road Investment and Traffic Safety: An International Study. **Sustainability** 12, 6332. <https://doi.org/10.3390/su12166332>

European Commission. Directorate General for Transport (2015) **Alcohol 2015**. European Commission. Directorate General for Transport.

European Commission (2010) **Towards a European road safety area: policy orientations on road safety 2011-2020**. COM(2010) 389 final. Brussels, Belgium.

European Investment Bank (2016) **Restoring EU competitiveness 2016 updated version**. Luxembourg.

European Transport Safety Council (ETSC) (2021) **RANKING EU PROGRESS 9 th Road Safety Performance Index Report**. Brussels, Belgium.

Fridstrøm, L., Ingebrigtsen, S. (1991) An aggregate accident model based on pooled, regional time-series data. **Accid. Anal. Prev.** 23, 363–378. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(91\)90057-C](https://doi.org/10.1016/0001-4575(91)90057-C)

Hakkert, S., Braimaister, L. (2002) **The uses of exposure and risk in road safety studies**, SWOV Institute for Road Safety Research. Leidschendam.

Levene, H. (1960) Robust tests for equality of variances. **Contrib. to Probab. Stat. Essays Honor Harold Hotell.** 278–292.

Nguyen-Hoang, P., Yeung, R. (2014) Dollars for lives: The effect of highway capital investments on traffic fatalities. **J. Safety Res.** 51, 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2014.09.008>

Peltzman, S. (1975) The Effects of Automobile Safety Regulation. **J. Polit. Econ.** 83, 677–725. <https://doi.org/10.1086/260352>

Pesaran, M.H. (2020) General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels. **Empir. Econ.** <https://doi.org/10.1007/s00181-020-01875-7>

Sánchez-González, M.P., Tejada-Ponce, Á., Bonnefoy, J., Escribano-Sotos, F. (2021) Regional conditions and road traffic collisions on rural roads in Chile. **J. Transp. Heal.** 20, 100996. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.100996>

Sánchez González, M.P., Escribano Sotos, F., Tejada Ponce, Á. (2018) Impact of provincial characteristics on the number of traffic accident victims on interurban roads in Spain. **Accid. Anal. Prev.** 118, 178–189. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.015>

Sánchez González, M.P., Tejada Ponce, Á., Escribano Sotos, F. (2020) Interregional inequality

and road accident rates in Spain. *Accid. Anal. Prev.* 135, 105347.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105347>

Wooldridge, J.M. (2007) Diagnostic Testing, in: **A Companion to Theoretical Econometrics**. Blackwell Publishing Ltd, Malden, MA, USA, pp. 180–200.
<https://doi.org/10.1002/9780470996249.ch10>

World Health Organization (WHO) (2018) **Global status report on road safety 2018**. Geneva, Switzerland.

¿Desea que su artículo sea considerado para publicación en la Revista Estudios de Transporte? (<https://estudiosdetransporte.org/>). Marque con una X

Sí
 No