



LA CONTRIBUCIÓN A LA SEGURIDAD VIAL
DE LA SUPERVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO
DE LAS NORMAS DE CIRCULACIÓN

F M Fundación **MAPFRE**

FECHA

Julio de 2017

Autores

Investigador principal

José Ignacio Castillo Manzano. Universidad de Sevilla

Equipo investigador: Applied Economics & Management Research Group

Mercedes Castro Nuño. Universidad de Sevilla

Lourdes López Valpuesta. Universidad de Sevilla

Diego Pedregal Tercero. Universidad de Castilla La Mancha

Diseño inicial del estudio y supervisión

Jesús Monclús. Fundación MAPFRE

Jorge Ortega. Fundación MAPFRE

Los autores de este informe agradecen a la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil toda su colaboración y aporte de información sin los cuales este estudio no se habría podido realizar.

© Textos: sus autores

© Esta edición:

2017, Fundación MAPFRE

Pº de Recoletos, 23. 28004 Madrid

www.fundacionmapfre.org

Imagen de portada cedida por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil
Maquetación Pilar Prieto. Fundación MAPFRE

La información contenida en el presente documento puede utilizarse haciendo referencia al mismo del siguiente modo: "La contribución a la seguridad vial de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación © Fundación MAPFRE y Universidad de Sevilla, 2017"



**Fundación
MAPFRE**



Contenidos

1 PRÓLOGO: SOBRE LA EDUCACIÓN VIAL Y LA SUPERVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CIRCULACIÓN	2
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ESTUDIO	5
2.1 Antecedentes. La supervisión de la normativa de tráfico o “ <i>enforcement</i> ” como estrategia de seguridad vial	5
2.2 Objetivos del estudio	7
2.3 Revisión de la literatura sobre experiencias internacionales	7
3 LA SUPERVISIÓN DE LA NORMATIVA DE TRÁFICO Y SEGURIDAD VIAL EN ESPAÑA	10
3.1 El contexto europeo: el papel del “ <i>enforcement</i> ” en la política europea de seguridad vial	10
3.2 Revisión de la literatura sobre el caso español	14
3.3 Distribución de competencias en materia de vigilancia y seguridad vial en España	16
4 ASPECTOS METODOLÓGICOS DEL ESTUDIO	18
4.1 Descripción de los datos	18
4.2 Modelos aplicados para la estimación	22
4.2.1 Modelos de función de transferencia dinámica	22
4.2.2 Modelos univariantes de variables exógenas continuas	24
5 ESTIMACIÓN ECONOMETRICA DEL IMPACTO SOBRE LA SEGURIDAD VIAL DE LA ACTIVIDAD DE LA SUPERVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CIRCULACIÓN DE LA AGRUPACIÓN DE TRÁFICO DE LA GUARDIA CIVIL	27
6 ANÁLISIS DE PREVISIONES DE LA ACTIVIDAD DE LA SUPERVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CIRCULACIÓN DE LA AGRUPACIÓN DE TRÁFICO DE LA GUARDIA CIVIL SOBRE LA SEGURIDAD VIAL	31
7 PRINCIPALES CONCLUSIONES	33
8 BIBLIOGRAFÍA	36
APÉNDICE: ESTIMACIÓN ECONOMETRICA DEL IMPACTO SOBRE LA SEGURIDAD VIAL DE LA ACTIVIDAD DE LA SUPERVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CIRCULACIÓN DE LA AGRUPACIÓN DE TRÁFICO DE LA GUARDIA CIVIL EN RELACIÓN CON EL CUMPLIMIENTO DE LA LEY	42
ÍNDICE DE TABLAS	46
ÍNDICE DE FIGURAS	47

LA CONTRIBUCIÓN A LA SEGURIDAD VIAL
DE LA SUPERVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO
DE LAS NORMAS DE CIRCULACIÓN

Fundación
MAPFRE

1. PRÓLOGO: SOBRE LA EDUCACIÓN VIAL Y LA SUPERVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CIRCULACIÓN

Si por algo se conoce a la Guardia Civil, de la que la Agrupación de Tráfico forma parte, es por su espíritu benemérito y por su extremado celo en la defensa del orden y la ley.

Si nos referimos a la seguridad vial, regular, ordenar, gestionar y vigilar el tráfico, denunciar a los infractores de las normas contenidas en la ley y proteger y auxiliar en las vías públicas o de uso público, son los mandatos legales que cumplen los 10.000 hombres y mujeres de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil cada día.

Con esos cometidos en sus tradicionales órdenes de servicio, pero sobre todo en sus mentes y en sus corazones, los Guardias Civiles de la Agrupación de Tráfico patrullan esforzadamente las carreteras españolas, en la convicción íntima de que su trabajo tiene un sentido claro: proteger y salvar vidas, pero que no siempre conecta con los resultados finales de disminución de víctimas en las carreteras, y ello les lleva a preguntarse si su esfuerzo va en la buena dirección o necesita un cambio de enfoque.

Por ello agradecemos especialmente a una entidad tan sólida y prestigiosa en el ámbito de la seguridad vial como la Fundación MAPFRE, que ha contado con un grupo selecto y reconocido de investigadores de la Universidad de Sevilla, que nos ayuden a resolver nuestras dudas con este magnífico trabajo titulado "La contribución a la seguridad vial de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación".

Los Guardias Civiles de la Agrupación de Tráfico somos conscientes del importante papel que ostentan las actividades de vigilancia y control, primordiales en nuestro quehacer cotidiano, en el complejo entramado de multitud de actores y actividades que se afanan y desarrollan con el objetivo común de reducir a cero las víctimas del tráfico.

La vigilancia de la norma, sobre la base de que los sistemas no son perfectos, pretende actuar directamente sobre el factor humano mediante la disuasión con la finalidad de que aumente la percepción, tanto objetiva como subjetiva, de control.

Para ello, aspectos como conocer los efectos de la visibilidad y presencia de los Guardias Civiles y la utilización de los medios de la Agrupación de Tráfico sobre la reducción de la accidentalidad grave; saber la efectividad de los diversos controles de velocidad, alcohol, drogas o de otros tipos; o cuantificar los impactos negativos de ciclos económicos desfavorables sobre la vigilancia, todos ellos abordados en este detallado estudio, resultan claves para centrar y si cabe mejorar el servicio de prevención prestado por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil.

En definitiva, consideramos que la aportación de esta obra será sin duda muy positiva para conocer el efecto de nuestros cometidos de detección y denuncia de conductas antisociales en la carretera, que todavía hoy cercena centenares de vidas en las carreteras de España, de disuasión de comportamientos infractores, de concienciación de los usuarios de las vías, y de lucha contra la impunidad vial, que haga justicia a las, todavía demasiadas, víctimas inocentes del tráfico.

Mientras seguimos progresando hacia un mundo donde la educación y la tecnología modulen y complementen, respectivamente, el comportamiento humano en la conducción y nos lleven a evitar todos los accidentes, debemos dar la importancia que tiene a la disuasión. Vigilar, observar y controlar infracciones, informar al infractor sobre los riesgos asociados y la necesidad y obligación de inhibir dichas conductas, denunciarlas si cabe, es evitar accidentes.

Aquí se busca modificar la conducta por convencimiento moral, y si no es así, por temor a las consecuencias, creando hábitos de comportamiento responsable en la conducción de vehículos y de respeto hacia los demás.

No hay afán recaudatorio en la actividad de denuncia de la Agrupación de Tráfico como algunos presumen. La denuncia no es un fin en sí mismo, sino un medio para infundir la necesidad de respetar las normas y así lograr una convivencia ordenada y pacífica en los desplazamientos de los ciudadanos por las carreteras.

El empeño de la Agrupación de Tráfico en su trabajo le viene por ser testigos, día a día, de las verdaderas consecuencias del incumplimiento de la norma: el dolor, la pérdida y el sufrimiento de las víctimas de los accidentes. Si algo recaudan en sus duras jornadas de servicio, de día o de noche, en días laborables o en festivos, en el duro invierno o en el cálido verano, son únicamente VIDAS.

Benito Salcedo Muñoz
General de División de la Guardia Civil
Jefe de la Agrupación de Tráfico

Este estudio trata, sobre todo, de personas dedicadas a servir a otras personas. Y de servir las hasta llegar a dar su vida por los demás. Desde que fue creada en el año 1959, más de 330 guardias civiles pertenecientes a la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil han fallecido en acto de servicio. Este pasado mes de mayo, sin ir más lejos, un policía local de Carballo, en A Coruña, falleció de madrugada tras ser atropellado en un control de alcoholemia. A principios de 2015 fue un cabo de los Mossos d'Esquadra quien pereció en similares circunstancias en Sant Quirze del Vallès (Barcelona)... Se trata, sin duda, de luctuosos sucesos que nunca deberían contabilizarse.

Este estudio demuestra que la actividad de supervisión del cumplimiento de las normas de circulación es efectiva, salva numerosas vidas y, sobre todo, seguirá haciéndolo en el futuro. Hace aproximadamente tres años, Fundación MAPFRE inició una serie de trabajos titulados "la contribución de..." a la seguridad vial y la prevención de lesiones en España. El primer trabajo se centró en la vía; posteriormente se analizó el papel de la velocidad y, a continuación, de las tecnologías de los vehículos. Ahora, el foco se centra en el efecto en la reducción de víctimas mortales de las patrullas y controles de las normas de tráfico y seguridad vial.

Aplicando técnicas estadísticas rigurosas, y partiendo de un gran volumen de datos proporcionados generosamente por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, hemos llegado a la conclusión de que cada año numerosas personas salvan su vida gracias a la presencia en nuestras carreteras y calles de los agentes encargados del control y a ayuda al tráfico. De hecho, en los últimos diez años se han evitado más de 500 víctimas mortales. Además, si fuéramos capaces de recuperar los niveles de actividad de determinados años anteriores, podríamos salvar más de 100 vidas anualmente en el próximo quinquenio. Mi frase resumen de este informe es que "un incremento del 10% en la actividad de supervisión reduce en un 5% el número de víctimas mortales". Queda claro a la luz de este trabajo, por tanto, que desde un punto de vista social, la inversión en supervisión del cumplimiento de la norma es rentable y tiene el potencial de seguir salvando muchas vidas más.

Creo que a todos nos gustaría que no hubiera penas, ni cárceles, ni multas, ni ningún otro tipo de sanciones. Si tuviéramos un éxito total en nuestras actividades de concienciación y educación vial infantil (Fundación MAPFRE destina la mayor parte de sus esfuerzos en el ámbito de la prevención a la educación de niños y jóvenes), las sanciones no serían necesarias. Las sanciones son un fracaso social, si se quiere ver así. Pero la realidad es que hay personas (conductores, muchas de ellas, pero también peatones, ciclistas...) que parece que no han completado satisfactoriamente su educación más básica, o a quienes aparentemente se les han olvidado las normas básicas de protección vial. Incluso las prisas, el estrés, las distracciones hacen que cualquiera de nosotros trasgreda en ocasiones las pautas fundamentales de prevención en el tráfico y pongamos en riesgo nuestra seguridad, la de nuestros seres queridos cuando viajan con nosotros, o las del resto de usuarios de las vías de circulación.

Desde nuestro punto de vista, la disuasión que en todo caso fuera necesaria como complemento de la educación y la concienciación vial debería ser lo más genérica posible, de modo que aquella otra disuasión específica, la que se materializa en forma de sanción concreta a determinados conductor incumplidores, quedara reducida al mínimo absoluto. Para lo anterior, sería necesario continuar aumentando la percepción subjetiva de la probabilidad de control mediante acciones de comunicación, visibilidad, coordinación, etc. El mejor radar no es el que más infractores detecta, sino el que consigue que todos los vehículos se desplacen a la velocidad segura en todos los tramos de vía y en todos los momentos del día.

En los últimos años y debido a la crisis, todos los recursos públicos se han visto afectados por enormes tensiones y dificultades económicas. Ahora que el viento parece estar rolando, es el momento para replantearse los niveles óptimos de supervisión del cumplimiento de la norma. Las cifras de siniestralidad del año 2016 no son buenas, tanto en términos absolutos como en cuanto a su variación anual. La resignación no es una opción. Hay que seguir invirtiendo en aquellas medidas que son eficaces, y eficientes, y aún estamos lejos del punto de saturación en lo que respecta a los efectivos dedicados al control del tráfico y la seguridad vial.

A todos los hombres y mujeres que dedican su vida a recordarnos lo importante que es conducir, conducirse, con precaución: ¡muchas gracias!

Madrid, julio de 2017
Jesús Monclús
Director de Prevención y Seguridad Vial, Fundación MAPFRE

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ESTUDIO

2.1 Antecedentes. La supervisión de la normativa de tráfico o “enforcement” como estrategia de seguridad vial

En la actualidad, los accidentes de tráfico representan la principal causa de mortalidad prematura en muchos países, llegando a convertirse en un verdadero problema de salud pública que genera cuantiosos costes económicos para la sociedad (WHO, 2015). Con el objetivo de prevenirlos, se ha desarrollado un amplio elenco de estrategias basadas en la denominada *Matriz de Haddon*, que pueden agruparse en torno a tres enfoques conocidos en inglés como las “tres E’s” (Wegman, 1992): *Education* (educación de usuarios), *Engineering* (soluciones de ingeniería aplicadas a vías y vehículos) y *Enforcement* (control y supervisión del cumplimiento de la normativa de tráfico y circulación vial, y aplicación de sanciones).

Como es sabido, la mayor parte de los accidentes de tráfico están relacionados con el factor humano, incluidos los errores humanos cometidos durante la conducción, entre los que, sin duda, son los relacionados con las infracciones los que poseen mayor incidencia sobre la seguridad vial (Elvik y Vaa, 2006). Por ello, la actividad de vigilancia y control del tráfico (lo que se ha dado en denominar en inglés “*Traffic Law Enforcement*,” TLE en adelante), representa uno de los pilares fundamentales de la política de seguridad vial, con la finalidad de verificar y reforzar el efectivo cumplimiento de la legislación por parte de los usuarios de las vías. Más concretamente, de acuerdo con Mohammed et al. (2008), las medidas de control y supervisión de tráfico se identifican con el área de actividad desarrollada por las unidades policiales dirigida a controlar la conducta en el uso de la vía mediante la prevención, la persuasión y las medidas punitivas, con el objetivo de mejorar la seguridad y eficiencia del tráfico. En consecuencia, legislación y supervisión/control de esa normativa deben considerarse como estrategias indisolubles dentro de la política de seguridad vial (Wegman, 1992) puesto que, como han puesto de manifiesto numerosos estudios realizados en todo el mundo, la mera existencia de un acervo óptimo de normas de circulación no asegura *per se* una reducción de las conductas de riesgo (ETSC, 2011) si esas normas no se hacen cumplir de manera efectiva mediante un sistema eficiente de vigilancia y control del tráfico (Mäkinen, et al., 2003).

De lo anterior se desprende que, más que una acción destinada a aumentar el número de sanciones, se trata de una actividad fundamentalmente disuasoria que, como exponen Tay (2005) y Zaal (1994), pretende aumentar la percepción del riesgo de aprehensión, tanto *objetiva* (posibilidad real de ser aprehendido cometiendo una infracción vial), como *subjetiva* (posibilidad estimada de ser aprehendido cometiendo una infracción vial). De hecho, de acuerdo con SWOV (2016), la efectividad de la labor policial de vigilancia y supervisión de las normas depende, precisamente, del éxito de esos mecanismos de aprehensión objetiva y subjetiva. Así, el tipo, frecuencia y publicidad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación, determinan la percepción pública del nivel de “presión objetiva” que ejerce la vigilancia policial; lo que, a nivel individual, influye a su vez en la percepción personal del riesgo de ser detectado mientras se está cometiendo una violación de la ley de tráfico.

Asimismo, la literatura ha evidenciado que, sin la existencia de un adecuado sistema de sanciones basado en la certeza y aplicado sin demora, este efecto disuasorio podría verse limitado (Goldenbeld, 2005); si bien otros estudios han revelado que, independientemente de su severidad, el impacto de las sanciones por sí solas, parece diluirse en el tiempo si no se ven reforzadas por una vigilancia efectiva sobre conductas de riesgo (por ejemplo, Castillo-Manzano et al., 2011, 2015).

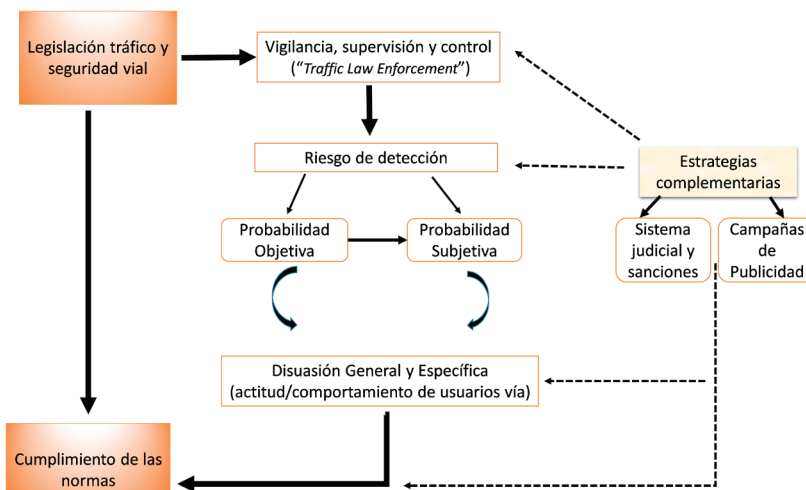
En consecuencia, parece que las expectativas de los conductores sobre las actividades de supervisión y control son críticas para disuadirlos de cometer infracciones, por lo que si el objetivo de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación es estimular precisamente esa disuasión hay que crear en ellos una posibilidad de detección lo suficientemente elevada (Hakkert

et al., 2001). Expectativas que, según han revelado autores como Elliott y Broughton (2005), entre otros, van asociadas de forma determinante a la presencia de unidades policiales y otros componentes de supervisión del tráfico usados para controlar el cumplimiento de normas de seguridad vial relacionadas con límites de velocidad, el consumo de alcohol o drogas, el uso del cinturón de seguridad y sistemas de retención infantil, las distracciones al volante, etc.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que, de acuerdo con Zaidel (2002), la aplicación efectiva de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación en relación con las normas de circulación, no solamente depende del desarrollo legislativo y de la existencia de un adecuado sistema punitivo para los infractores, sino también de las actitudes de los propios usuarios de las vías. En este sentido, estudios desarrollados por la Comisión Europea, como el Informe ESCAPE (Mäkinen et al., 2003), han concluido que la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación influye en el comportamiento a través de dos procesos: la *disuasión general* y la *disuasión específica*. La primera se produce cuando, como consecuencia de la existencia de la vigilancia y control, los usuarios de la carretera en general obedecen las normas de circulación debido a que perciben un riesgo sustancial de ser detectados y castigados si no lo hacen. Mientras que la disuasión específica se produce cuando alguien que ha cometido una infracción concreta es castigado por ello, y como consecuencia, cesa en su comportamiento contrario a la norma.

Así, siguiendo esta idea, el control del cumplimiento de las normas de tráfico debe orientarse, principalmente, a lograr el objetivo de la disuasión general porque, de ese modo, se podría reducir considerablemente la supervisión de los usuarios a un nivel más específico. Para ello estudios como los de Åberg (1998), ETSC (2016), Mujahed (2015) o Tay y De Barros (2011), entre otros muchos, coinciden en apuntar que la aplicación de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación debería ir acompañada de una adecuada publicidad; estar compuesta por una mezcla de actividades altamente visibles y otras ocultas; ser impredecible y difícil de evitar y, fundamentalmente, establecerse de forma continuada durante un largo período de tiempo.

La Figura 1 que se incluye a continuación ilustra el mecanismo de funcionamiento de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación, sintetizando las ideas recogidas en las páginas anteriores.



.Figura 1. Descripción del proceso de vigilancia, supervisión y control de la normativa de tráfico. Fuente: elaboración propia basada en Mäkinen et al (2003) y Observatorio Nacional de Seguridad Vial (2010)

De la Figura 1 se extrae, en términos generales, que un sistema de legislación y vigilancia está formado por distintos elementos que deben permanecer coordinados entre sí con la finalidad de aumentar en los usuarios tanto la concienciación como la sensación percibida de ser aprehendidos y sancionados si infringen las normas vigentes.

Particularmente, puede apreciarse que, tal como se ha comentado anteriormente, la legislación constituye el marco general del mecanismo de vigilancia y control de la circulación del tráfico cuya efectividad viene condicionada, en gran medida, por la aplicación de una serie de estrategias

complementarias que ejercen de coadyuvantes del proceso de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación: a priori, la realización de campañas de publicidad en los medios de comunicación y, a posteriori, el desarrollo de un sistema ágil de enjuiciamiento y sanciones. Como ya se ha explicado, la legislación, puede influir en los conductores de dos maneras. En primer lugar, la aplicación de la norma sometida a supervisión crea en la sociedad un riesgo objetivo de detección de infracciones de tráfico. Lo cual, en segundo lugar, favorece una mayor percepción subjetiva de las posibilidades de ser detectado, o riesgo subjetivo de detección.

Además, la aplicación de medidas de apoyo anteriormente mostradas en la Figura 1 (medios de comunicación y el sistema punitivo-judicial) puede graduar esa concienciación objetiva y subjetiva, aumentando o disminuyendo la sensación del riesgo de detección. El resultado final de este proceso, que en realidad constituye su verdadera finalidad, consiste en influir directamente en el comportamiento de los usuarios de la vía mediante la disuasión de conductas contrarias a la norma, logrando en el caso ideal un pleno cumplimiento de la legislación.

La importancia de todos estos aspectos queda patente en el debate planteado durante los últimos años acerca de esta cuestión entre la opinión pública, las autoridades de tráfico, los cuerpos policiales de vigilancia y control y los investigadores. Lo que, sin duda, justifica la pertinencia del estudio recogido en estas páginas.

2.2 Objetivos del estudio

Teniendo en cuenta estos precedentes, la finalidad de nuestro estudio consiste en determinar, para el caso de España, el grado de efectividad de las actividades de control y supervisión del cumplimiento de las normas de tráfico en términos de su impacto sobre los resultados de siniestralidad vial. Concretamente, se trata de determinar el impacto sobre la seguridad vial de la intensidad de las intervenciones de vigilancia y control ejercidas por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil sobre las víctimas mortales, como consecuencia de accidentes de tráfico en vías interurbanas. Todo ello permitirá planificar y optimizar el diseño de estas actividades, con la pretensión de guiar la futura gestión de este tipo de políticas preventivas.

De forma más específica, se pretende dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿En qué modo contribuye la supervisión del cumplimiento de las normas a la mejora de la seguridad vial?, ¿cuántas vidas ha salvado la supervisión del cumplimiento de las normas en los últimos 10 años? o ¿cuántas vidas se estima que salvará la supervisión del cumplimiento de las normas en los próximos 5 años?

2.3 Revisión de la literatura sobre experiencias internacionales

Tradicionalmente, las actividades de control y supervisión del tráfico han constituido una de las estrategias fundamentales para mejorar los resultados en términos de seguridad vial, despertando, como consecuencia, un interés creciente en la literatura especializada. Tomando como referencia las fases del proceso recogido en la Figura 1, podemos encontrar evidencia empírica en torno a la aplicación de la legislación (Åberg, 1998), su impacto en forma de disuasión sobre actitudes y comportamientos (Mehmood, 2010; Stanojević et al., 2013), así como a la implementación de medidas complementarias basadas en la publicidad (Castillo-Manzano et al., 2012; Tay, 2005) y la sanción punitiva de infractores (Factor, 2014). Si bien, como destacamos en párrafos siguientes, los más numerosos son los estudios que analizan y evalúan las actividades de supervisión y control de la normativa de tráfico.

La importancia de estas actividades se hace patente en los análisis realizados sobre la aplicación de la legislación de tráfico (bien basados en el establecimiento de nuevas normas antes no existentes, o bien basados en el endurecimiento de normas ya vigentes), ya que coinciden en apuntar que la misma tendría una efectividad limitada en el tiempo, a la hora de influir en las decisiones de los conductores, si esa legislación no viniera acompañada de medidas de control y vigilancia policial que resulten visibles para los conductores (Åberg, 1998; Castillo-Manzano et al., 2011) con el fin de evitar, en la medida de lo posible, un posible resultado perverso de la norma en forma de efecto compensación del comportamiento o "*efecto Peltzman*" (Benedittini y Nicita, 2011; Peltzman, 1975).

A este respecto, resulta revelador el estudio de Sanem et al. (2015), quienes abogan por el empleo de estrategias conjuntas entre la distintas medidas de control, las campañas de publicidad y la presencia de patrullas policiales para consolidar e incrementar el efecto de las medidas de control y supervisión del tráfico.

Por lo que respecta a los efectos disuasorios de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación son varios los estudios que revelan que la aplicación de legislación sobre infracciones de tráfico acompañada de su control y sus correspondientes sanciones no tienen los mismos efectos para todos los conductores. Así lo afirman, por ejemplo, Elvik et al., (2012), para quienes las acciones de legislación y supervisión deberían centrarse en aquellas conductas que producen mayor número de siniestros, como los excesos de velocidad. Vereeck y Vrolix (2007), por su parte, afirman que los efectos positivos o negativos de la aplicación de la ley dependen realmente de la disposición o resistencia de las personas a cumplirla, siendo la legitimación social de la misma una condición imprescindible. De lo anterior se desprende la relevancia de una adecuada planificación y diseño de las actividades de supervisión, vigilancia y control de la legislación de tráfico.

En términos generales, un nutrido grupo de estudios publicados a lo largo de todo el mundo ha aportado evidencia de la conexión entre nivel de vigilancia/supervisión policial, comportamiento de los conductores, y número (y gravedad) de los accidentes de tráfico (Stanojević et al., 2013). Así lo ponen de manifiesto, por ejemplo, las revisiones sistemáticas del estado de la cuestión aportadas por Blais y Dupont (2005), Elliot y Broughton (2005), Erke et al. (2008), Mäkinen et al. (2003), Zaal (1994) y Zaidel (2002); así como el meta-análisis llevado a cabo por Elvik y Vaa (2006).

En concreto, durante los últimos años, el estudio sobre la efectividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación ha suscitado un intenso tratamiento por parte de instituciones e investigadores teniendo en cuenta el elevado coste en términos económicos y de localización de recursos que las mismas conllevan, como remarcan Bates et al. (2012) entre otros. En este sentido, siguiendo a Elvik y Vaa (2006), los recursos policiales para controlar la circulación por calles y carreteras son ciertamente limitados y existe un importante coste de oportunidad inherente a la planificación de los mismos ya que, por ejemplo, cuando la policía se sitúa en un lugar determinado (a través de un control fijo o móvil) ya no puede estar presente en otra localización a la vez.

La mayoría de los trabajos publicados recientemente, coinciden en atribuir un impacto positivo de la supervisión policial en términos de reducción de accidentes de tráfico e infracciones. Este resultado lleva al razonamiento de que, si infracciones como la velocidad excesiva, la conducción bajo los efectos del alcohol y la no utilización del cinturón de seguridad, por ejemplo, se asocian predominantemente a un incremento del riesgo de accidente con consecuencias fatales, cualquier acción dirigida a controlar el cumplimiento de las leyes que regulan esas infracciones debe resultar efectiva para mejorar la seguridad vial. En esta línea encontramos estudios como los de Blais y Dupont (2005), Redelmeier et al., (2003), Scott (2010), Stanojević et al., (2013), o Welki et al., (2007), entre muchos otros. Lo que, desde una perspectiva de coste-beneficio, justificaría una mayor dotación de recursos financieros para las medidas de control y supervisión del tráfico puesto que, como Bishai et al. (2008) exponen, el coste de estas acciones resultaría relativamente bajo, teniendo en cuenta el potencial número de vidas que salvaría.

Sin embargo, parece que, en general, el impacto y duración de las medidas de control y supervisión del tráfico podría venir modulado por la intensidad de las mismas, en el sentido de que, como apunta la mayoría de estudios que han analizado la influencia de distintos niveles de vigilancia, a partir de cierto umbral mínimo, una intensificación de esa vigilancia produce un cambio significativo en el comportamiento de los conductores que puede llevar a una reducción de las infracciones y de los accidentes (De Waard y Rooijers, 1994; Elliott y Broughton, 2005; Fell et al., 2014; Hakkert et al., 2001; Kallberg et al., 2008, Mäkinen et al., 2003; Yannis et al., 2007, 2008). Todo ello, teniendo en cuenta, sin embargo, que un incremento transitorio de la presión de la vigilancia, podría conllevar tan sólo un impacto positivo sobre la seguridad vial a corto plazo, dando lugar a lo que se conoce como "*efecto blitz*" (Bjornskau y Elvik, 1992; Newstead et al., 2001).

Desde otro punto de vista mucho más específico, la efectividad de los distintos métodos de control destinados a la vigilancia de conductas de riesgo concretas ha sido demostrada por un amplio número de estudios científicos (ETSC, 1999). Estas medidas específicas, pueden estar basadas,

por ejemplo: en la realización de controles para supervisar la conducción bajo la influencia de los efectos del alcohol (Eichelberger et al., 2016; Erke et al., 2009; Fell et al., 2015); en la realización de controles de velocidad fijos o aleatorios mediante radares o patrullas¹, o automáticos mediante cámaras de detección (Blais y Carnis, 2015; Chen et al., 2002; De Pauw, 2014; Høye, 2015; Li et al., 2013; Pilkington et al., 2005; Tay, 2005); en intervenciones policiales específicas para controlar ciertas infracciones, como no usar el cinturón de seguridad (DeAngelo y Hansen, 2010; Lu et al., 2016; Olaussen, 2012); o en la monitorización del tráfico mediante nuevas tecnologías, como pueden ser los controles de velocidad por tramos, el empleo de cámaras de control de semáforos en rojo y la localización de señales en cruces e intersecciones advirtiendo de límites de velocidad variables o cámaras detectoras de infracciones (De Pauw et al. (2014); Polders et al., 2015; Porter et al., 2013; Pulugurtha et al., 2014; Shim et al., 2015; Soole et al., 2013; Vanlaar et al., 2014).

En cualquier caso, considerando que la seguridad vial de cada país presenta características intrínsecas determinadas por las condiciones propias y las políticas implementadas a lo largo del tiempo, entendemos que no se pueden extrapolar los resultados de todos estos trabajos directamente al caso español sin llevar a cabo estimaciones específicas que tengan en cuenta sus particularidades.

¹ Siguiendo a Elvik y Vaa (2006), resulta fundamental la distinción de los efectos provocados por el establecimiento de un control de velocidad mediante métodos fijos y por métodos móviles a través de patrullas policiales. En el primer caso, se ha comprobado la existencia de un "efecto halo" ("*halo effect*") en tiempo y en espacio, consistente en que la reducción de velocidad provocada por el control perdura tras el cese del mismo durante cierto periodo de tiempo, así como también a lo largo de cierta distancia desde el punto donde se ubicaba el control..

3. LA SUPERVISIÓN DE LA NORMATIVA DE TRÁFICO Y SEGURIDAD VIAL EN ESPAÑA

3.1 El contexto europeo: el papel del “enforcement” en la política europea de seguridad vial

El Libro Blanco sobre la Política Europea de Transportes, que fue aprobado por la Comisión Europea el 12 de septiembre de 2001 (European Commission, 2001), supuso un verdadero impulso para la Política Común de Seguridad Vial, como así ponen de manifiesto Castillo-Manzano et al. (2014a, 2014b). Entre sus principales hitos, destacó el establecimiento de un objetivo cuantitativo de seguridad vial, consistente en reducir a la mitad el número de víctimas mortales de los accidentes de tráfico hasta el año 2010. Este ambicioso objetivo, se fundamentaba en el denominado *principio de responsabilidad compartida* entre gobiernos, industria, organizaciones no gubernamentales y usuarios de la vía de todos los Estados miembros. Y para lograrlo, entre las grandes áreas de acción identificadas por el tercer Programa de Acción Europeo de Seguridad Vial (European Road Safety Action Programme, ó ERSAP, European Commission, 2003) se encontraba la idea de promover un sistema eficiente de vigilancia y control de la normativa de tráfico por parte de autoridades y organismos oficiales de policía de cada Estado miembro. Bajo el paraguas de los principios de subsidiariedad y proporcionalidad, en abril de 2004 la Comisión Europea realizó una recomendación (*Recommendation on enforcement in the field of road safety, 2004/345/EC*) con la que favorecer la armonización y cooperación entre los distintos países en lo referente a medidas de control de tipo horizontal (para cualquier tipo de infracción) que ha gozado de una sólida implementación. Por otra parte, el éxito debe catalogarse como inferior en el caso de las acciones que se consideran específicas (aplicadas a aquellos comportamientos fuera de la ley con mayor impacto en la seguridad vial, como el exceso de velocidad, la conducción bajo los efectos del alcohol y drogas, y la no utilización del cinturón de seguridad).

La valoración realizada por el conocido Informe PEPPER (*Police Enforcement Policy and Programmes on European Roads*, véase Larsen et al., 2008) puso de manifiesto que, aunque la mayoría de los países había asumido ya un reconocimiento más o menos explícito en su legislación y en sus propios planes de acción nacionales de la importancia de la actividad policial como instrumento de política de seguridad vial, aún quedaba mucho camino por recorrer en la armonización a nivel europeo de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación.

Si bien se habían alcanzado progresos relevantes en el control de áreas generales como el permiso de conducir y el uso del cinturón de seguridad, los resultados evidenciaban importantes discrepancias en otras áreas fundamentales como los límites de velocidad, las tasas de alcoholemia, los sistemas de sanciones previstas y, principalmente la aplicación transfronteriza de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación, que se practicaba sólo en un grado limitado.

En el año 2010, la Unión Europea (UE en adelante), prolongó ese compromiso que, desde el 2001, estaba en vigor para todos los Estados miembros y fue reforzado en su cuarto ERSAP para conseguir una reducción del 50% en las muertes por accidentes de tráfico antes de 2020 (ver Castillo-Manzano et al., 2014a, 2014b). El desarrollo de dicho Plan ha dado lugar recientemente, en el campo de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación a la controvertida adopción de la Directiva 2015/413 del Parlamento Europeo y del Consejo Europeo, por la que se facilita el intercambio transfronterizo de información sobre infracciones en materia de seguridad vial en el ámbito de la UE; una directiva nacida con el propósito de mejorar el control de aquélla para el caso de los infractores en un país comunitario no residente en él. Según la Comisión Europea, tales conductores cometen casi el triple de infracciones que los residentes, a pesar de representar tan sólo el 5% del tráfico registrado en las carreteras de la UE. Los resultados más

inminentes desde su implementación, apuntan a una aplicación desigual y aún deficiente de esta directiva por parte de los Estados miembros.

En este sentido, el informe publicado recientemente por el European Safety Transport Council (ETSC, 2016), organismo del cual Fundación MAPFRE es miembro, ha destacado la existencia de un cierto estancamiento en los niveles efectivos de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación, derivados de la crisis económica reciente. Ello ha reducido la efectividad de las actividades de control y supervisión de la normativa de tráfico, como consecuencia de la disminución experimentada en el número de efectivos y patrullas de policía y del recorte de las partidas de gasto público destinado a esta actividad.

Para contrarrestar esta tendencia, este organismo propone una serie de recomendaciones para los Estados miembros dirigidas a otorgar a la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación un papel prioritario dentro de una política de seguridad vial integral. Para ello, se trata de establecer en cada país planes específicos sobre la base de un modelo de incentivos a nivel local y regional. Según el citado informe, es imprescindible una adecuada dotación de medios económicos y materiales que, en el desarrollo de las recomendaciones realizadas por la Comisión Europea, permitan alcanzar los objetivos anuales sobre el cumplimiento de las normas de circulación, especialmente en las áreas prioritarias señaladas anteriormente.

Entre otras medidas, se propone también: el intercambio de información y buenas prácticas entre Estados en torno a la supervisión de enfoques como la conocida “*cero tolerancia*” en el consumo de alcohol; la intensificación de campañas de publicidad en los medios de comunicación, como respaldo a las actividades de control; la participación en las acciones de cooperación transfronteriza a través de la European Traffic Police Network (TISPOL); la armonización de sanciones aplicadas a las principales infracciones incluidas en la Directiva 2015/413, compartiendo la información relativa a las mismas entre Estados; y el tratamiento y publicidad de los indicadores que reflejan las actividades de control realizadas, así como sus resultados y efectividad.

Por lo que respecta a la UE, la Tabla 1 muestra cómo el ETSC recomienda reforzar el papel de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación en la política común de seguridad vial mediante medidas como la revisión de la citada Directiva 2015/413, con el principio de mutuo reconocimiento de sanciones y, en los límites del principio de subsidiariedad, intensificar los esfuerzos de la Comisión Europea para hacer converger y armonizar métodos y prácticas de supervisión/control entre los Estados, en el marco de las Orientaciones de Política de Seguridad Vial recogidas en el cuarto ERSAP actualmente en vigor, para el periodo 2011-2020.

Recomendaciones para los Estados miembros
Establecimiento de planes específicos de control con objetivos cuantitativos, basado en incentivos a nivel local y regional, y destinados fundamentalmente a áreas prioritarias relacionadas con el exceso de velocidad, el consumo de alcohol y drogas durante la conducción, el uso de teléfonos móviles, el uso de cinturones de seguridad, cascos y sistemas de retención infantil .
Adecuada dotación de medios económicos y materiales destinados a la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación .
Intercambio de información y buenas prácticas con la Comisión Europea, para facilitar la difusión entre Estados, por ejemplo en materias como la supervisión de la “ <i>cero tolerancia</i> ” en el consumo de alcohol.
Intensificación de campañas anuales de publicidad en los medios de comunicación como respaldo a las actividades de control.
Participación en las acciones de cooperación transfronteriza a través de la European Traffic Police Network (TISPOL).
Armonización de sanciones aplicadas a las principales infracciones incluidas en la Directiva 2015/413, compartiendo la información relativa a las mismas.
Tratamiento y publicidad de los indicadores que reflejan las actividades de control realizadas, así como sus resultados y efectividad.

Recomendaciones para la UE
Revisión de la Directiva 2015/413, con el principio de mutuo reconocimiento de sanciones e inclusión de las infracciones administrativas y civiles como eslabones fundamentales de la cadena de supervisión y control. Promover sanciones efectivas, proporcionadas y suficientemente disuasivas..
Intensificación de los esfuerzos para la convergencia y armonización de los métodos y prácticas de supervisión/control entre los Estados, en el marco de las Orientaciones de Política de Seguridad Vial recogidas en el cuarto ERSAP (2011-2020).
Promover el desarrollo de unos niveles mínimos armonizados en equipamiento y medios destinados a la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación.

Tabla 1. Recomendaciones generales del ETSC para reforzar el papel de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación en la UE. Fuente: elaboración propia a partir del ETSC (2016)

Por otra parte, la Tabla 2 recoge otras recomendaciones que este organismo aporta de forma más específica para consolidar las actividades de control y vigilancia policial en lo referente a los tipos de infracciones más comunes: exceso de velocidad, consumo de alcohol durante la conducción, uso de cinturones de seguridad y sistemas de retención infantil, y uso del teléfono móvil durante la conducción.

Materia	Recomendaciones dirigidas a los Estados miembros	Recomendaciones dirigidas a la UE
Exceso de velocidad	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la consideración del propietario del vehículo como responsable del cumplimiento de los límites de velocidad, frente al conductor del mismo. • Aplicar las mejores prácticas europeas procedentes de otros Estados, para garantizar el cumplimiento de los límites de velocidad. • Ampliación de la red de cámaras de detección en los países con un bajo número e instalación de cámaras sensibles a las infracciones de los conductores de motocicletas. • Incorporar el exceso de velocidad en los sistemas de carnet por puntos y asegurarse de que las penas aumentan según el nivel de exceso de velocidad, así como para los reincidentes. • Supervisar el desarrollo de los patrones de velocidad (velocidad media y percentil 85) y publicar resúmenes regulares adaptados a los diferentes tipos de usuarios de la vía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de guías de buenas prácticas sobre la aplicación de los límites de velocidad y sanciones, para alentar a los Estados miembros a alcanzar altos estándares en los métodos y prácticas de control. • Promover mayor convergencia de las normas de tráfico relacionadas con la velocidad. • Adoptar la legislación para el montaje de sistemas inteligentes de limitadores de velocidad en todos los vehículos nuevos. • Iniciar un programa de asistencia técnica para apoyar el intercambio de estrategias con los países que obtengan mejores resultados en la gestión de la velocidad.

<p>Consumo de alcohol al volante</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer la obligatoriedad de someterse a la prueba de alcoholemia, en todos los controles en carretera de policía, así como en todas las colisiones mortales y graves. • Introducir procedimientos de prueba en aire respirado en carretera. • Intensificar la aplicación de la legislación contra el alcohol con objetivos específicos de niveles mínimos de control, destinados a la población motorista. • Obligatoriedad del uso de sistemas de bloqueo de alcohol para los conductores profesionales, adoptando el nivel de tolerancia cero para el alcohol al volante. • Desarrollar el uso de sistemas de bloqueo de alcohol en los programas de rehabilitación para reincidentes. • Coordinación con campañas de publicidad nacionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de guías de buenas prácticas sobre la aplicación de estrategias para el control de alcohol y las sanciones relacionadas. • Alentar a los Estados miembros a alcanzar altos estándares en los métodos y prácticas de aplicación y una mayor convergencia de las normas. • Fomentar la instalación de alcoholímetros con bloqueo obligatorios en los vehículos, sobre todo en el caso de conductores profesionales. • Trabajar en un sistema de monitoreo para toda la UE que determine la prevalencia de alcohol al volante en los accidentes de tráfico. Esto debe incluir la prueba de alcohol de, por lo menos, todos los conductores implicados en colisiones fatales (si no todos los usuarios de la carretera víctimas de accidentes de tráfico).
<p>Uso del cinturón de seguridad y sistemas retención infantil</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de controles intensivos sobre cinturones de seguridad y sistemas de retención en distintas semanas del año, junto con la realización de fuertes campañas publicitarias. • Cada conductor, así como cualquier pasajero, que sea detenido por la policía por cualquier razón, debe someterse a un control de cinturón de seguridad. • Incluir las infracciones relacionadas con el cinturón de seguridad en los sistemas de carnet por puntos. • Elaborar estadísticas anuales sobre las tasas de uso del cinturón de seguridad para los diferentes tipos de carreteras y categorías de ocupantes de cada tipo de vehículo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de guías de buenas prácticas sobre la utilización del cinturón de seguridad y las sanciones relacionadas, que hayan resultado exitosas en cada país. • Alentar a los Estados miembros a alcanzar altos estándares en los métodos y prácticas de aplicación y una mayor convergencia de las normas. • Extender el montaje obligatorio de recordatorios del cinturón de seguridad en todos los asientos de los vehículos. • Promover el desarrollo de sistemas de retención que se adapten a las necesidades del usuario y promover los cinturones de seguridad con pretensores y limitadores de carga.

<p>Uso del teléfono móvil</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de controles intensivos de una semana de duración al menos dos veces al año, junto con campañas publicitarias específicas. • Incluir el uso ilegal de un teléfono móvil mientras se conduce, en los sistemas de carnet por puntos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de guías de buenas prácticas con estrategias y sanciones sobre el uso ilegal del teléfono móvil. • Alentar a los Estados miembros a alcanzar altos estándares en los métodos y prácticas de aplicación y una mayor convergencia de las normas. • Alentar a los Estados miembros a incluir datos al respecto en sus estadísticas sobre accidentes de tráfico. • Promover la investigación sobre los efectos de distracción causados por los sistemas de manos libres.
-------------------------------	---	---

Tabla 2. Principales recomendaciones del ETSC para reforzar el papel de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación en la UE, en materias concretas. Fuente: elaboración propia a partir del ETSC (2016)

3.2 Revisión de la literatura sobre el caso español

En los últimos diez años, España ha desarrollado algunas importantes reformas legislativas en materia de seguridad vial cuyo impacto mediático se ha visto reflejado también en la literatura académica. Los cambios normativos como el permiso de conducir por puntos o la reforma del Código Penal han influido en el comportamiento de los conductores y por tanto también en la siniestralidad vial. Por ejemplo, en relación con la modificación del Código Penal llevada a cabo en el año 2007, con la finalidad de endurecer los delitos contra la seguridad vial y el tráfico, Castillo-Manzano et al. (2011) consideraban que esta medida habría tenido unos efectos muy positivos reduciendo en 534 personas el número de fallecidos en los primeros 14 meses desde que se produjo la modificación. En esta misma línea, y según datos recogidos en el Observatorio Nacional de Seguridad Vial (2010), la reforma del Código Penal produjo una reducción de entre un 17,8% y un 20,7% del número de muertes en carretera. Otros estudios como Novoa et al. (2011a) diferenciaban los efectos de esta reforma en los accidentes con heridos según el género del conductor, llegando a la conclusión de que el número de hombres conductores involucrados en este tipo de accidentes se redujo mientras que entre las mujeres no se observó ningún cambio. Albalate et al. (2013) analizaban conjuntamente la influencia de la regulación en la seguridad vial, con la novedad de considerarla conjuntamente con el gasto en infraestructuras. Según sus resultados, las últimas regulaciones sobre el carnet por puntos y el cinturón de seguridad, junto con el cambio en el Código Penal, reducirían el número tanto de víctimas como de fallecidos. Además, estos autores consideraban que la influencia de los gastos de mantenimiento de carreteras en la siniestralidad vial estaría sobreestimada si no se tuvieran en cuenta las medidas regulatorias. Por su parte, López-Ruiz (2014) analizaba ambas reformas legislativas sobre los accidentes en los desplazamientos relacionados con el trabajo, llegando a la conclusión de que estas intervenciones no afectaban claramente a los heridos en este tipo de accidentes.

Pero quizás la medida legislativa más estudiada en los últimos 10 años en España ha sido la implantación del carnet por puntos en julio del año 2006. Son numerosos los trabajos sobre este tema y todos coinciden en el efecto positivo de la medida. En uno de los primeros trabajos, Zaragoza y De la Peña (2008) consideraban que la medida del carnet por puntos tuvo una reducción de la mortalidad de aproximadamente el 17%, medida desde julio a octubre de 2006, aunque su éxito se podría haber visto comprometido debido al escaso aumento de las medidas de control. Según estos autores, un cambio real en las probabilidades de aplicación de las sanciones asociadas a esta medida hubiera supuesto una mejora adicional en la seguridad vial muy superior. La duración limitada del efecto positivo del carnet por puntos también se recoge en Castillo-Manzano et al.

(2010), quienes consideraban que esta medida supuso una reducción media del 12,6% en el número de muertes en accidentes en carreteras, efecto que desapareció en dos años. A un porcentaje similar hace referencia el Observatorio Nacional de Seguridad Vial, quien llegaba a la conclusión que esta medida produjo una reducción del número de muertes en carretera de entre un 12,44% y un 13,1% (Observatorio Nacional de Seguridad Vial, 2010). Pulido et al. (2010) consideraban que la implementación del carnet por puntos llevó a una significativa reducción en el número de muertes en accidentes de tráfico: concretamente, una reducción del 14,5% en los 18 meses posteriores a la medida. Todo ello en un periodo de tendencia a la baja en la siniestralidad vial provocado por las medidas aprobadas en 2004. Por su parte, Novoa et al. (2010a) también observaban un efecto positivo y mantenido en el tiempo en la reducción del número de conductores involucrados en accidentes con heridos así como en el número de heridos en colisiones de tráfico. También insistían en el hecho de que la efectividad de la medida depende tanto del nivel de vigilancia de su cumplimiento como de las campañas de publicidad de la misma. En esta misma línea, los resultados del estudio de Aparicio Izquierdo et al. (2011) también mostraban un efecto positivo y duradero de esta medida en la reducción del número de fallecidos en la carretera, a lo que también contribuyó la implantación de más medidas de vigilancia y multas así como un creciente interés de los medios de comunicación en la seguridad vial. Uno de los estudios más recientes, Dadashova et al. (2016), consideraba que el carnet por puntos es el factor más relevante a la hora de reducir el número de accidentes con fallecidos, concretamente en un 1,1% (con una probabilidad de 60%) o en un 2,3% según las distintas estimaciones.

Sin embargo, aunque la literatura coincide en la importancia de estas medidas legislativas como medio efectivo de reducir los accidentes de tráfico, su efectividad real va a depender del grado del control y supervisión a posteriori, para optimizar el cumplimiento de la misma. Según Pereira Moreira (2015), considerando solo la aprobación de la norma se está subestimando el esfuerzo de vigilancia en las carreteras para garantizar el cumplimiento de la medida. En la misma línea, Novoa (2010) mostraba que, aunque en España se han aprobado varias leyes en materia de tráfico en los últimos años, el número de heridos en accidentes de tráfico ha empezado a descender cuando se le ha dado una mayor importancia a la supervisión y control de su cumplimiento, sobre todo a partir del año 2004.

Uno de los estudios que se centran en las medidas de vigilancia genérica es el modelo numérico desarrollado por la Universidad Politécnica de Madrid y conocido como modelo DRAG (Aparicio Izquierdo et al., 2013). En este modelo, la evolución temporal del número de accidentes en vías interurbanas es explicada a partir de un gran número de factores entre los que se encuentran la vigilancia y la legislación. Según sus resultados, un aumento en el número de efectivos de tráfico contribuiría considerablemente a una reducción en los accidentes, con una elasticidad del -3,59% en los accidentes con fallecidos y del -2,09% en los accidentes con heridos durante el periodo 1990-2004 (por cada aumento del 10% en el número de agentes de la Guardia Civil). Según los datos de este modelo DRAG incluidos en Observatorio Nacional de Seguridad Vial (2010), existe un cambio estructural en la evolución de la siniestralidad vial en respuesta a la vigilancia policial a partir del año 2005, pues en los años posteriores (2005-2007), cada aumento del 10% del número de agentes de la Guardia Civil se vio acompañado de una reducción del 8,27% en el número de accidentes mortales.

Otros estudios también se han centrado en medidas de vigilancia, pero no genéricas, sino más específicas, destinadas a controlar una determinada infracción. Según la Comisión Europea (2008) y con estimaciones para el año 2004, un 30% de las muertes en carretera en la UE están asociadas a la velocidad, tanto inadecuada como excesiva, mientras que un 25% se debe a la conducción bajo los efectos del alcohol. Por este motivo, estas dos infracciones y su control son las más analizadas por las investigaciones previas en España. Por ejemplo, Dadashova et al. (2016) analizaban la influencia, entre otras, de las medidas de vigilancia que incluyen desde controles de velocidad por radares o controles de alcoholemia aleatorios a otras sancionadoras como el número de permisos de conducir suspendidos. Los resultados mostraban que aumentar la vigilancia del comportamiento del conductor tenía un impacto positivo en los indicadores de seguridad vial. Concretamente, los controles de alcohol y los controles de velocidad habían reducido el número de accidentes con fallecidos en un 0,1% y 0,7% con una probabilidad de un 60% y 70% respectivamente. Según otra estimación de los mismos autores de este estudio, estas cifras se ajustarían al 0,02% y 0,8% respectivamente. Novoa et al. (2010b) consideraban que la utilización de las cámaras de

velocidad no reducen el número de accidentes o heridos, aunque se centran sólo en el caso de los accesos principales de Barcelona. Por tanto, llegan a la conclusión de que la vigilancia de la velocidad con cámaras fijas no sería efectiva en carreteras que cuenten con menores límites de velocidad y semáforos.

En relación a la vigilancia de la conducción bajo los efectos del alcohol, varios estudios en España, como por ejemplo Tomas Dols et al. (2010) o Alcañiz et al. (2014), han analizado el perfil de los conductores en función del consumo de alcohol y drogas. Respecto a la influencia de su control y vigilancia en la seguridad vial, el modelo DRAG antes mencionado considera que un crecimiento del 10% del número de controles preventivos produjo una reducción de los accidentes mortales del 1,38% (y del 0,04% en los accidentes con heridos) en el periodo 1990-2004 (Aparicio Izquierdo et al., 2013) mientras que dicha estimación cayó ligeramente a un 1,31% en el periodo 2005-2007 (Observatorio Nacional de Seguridad Vial, 2010).

Un aumento del 10% en el número de controles preventivos de alcoholemia puede reducir los accidentes mortales en un 1,4%

Finalmente, también se pueden citar otros estudios que han tratado este tema, aunque sin llegar a cuantificar el efecto final de las medidas de vigilancia y control en la seguridad vial. Por ejemplo, Barrio et al. (2015) tuvieron en cuenta en su trabajo el control de los niveles de alcohol y la velocidad junto con la regulación en la legislación de seguridad vial en España desde 1999, llegando a la conclusión de que la regulación aplicada en 2004 pudo ser más efectiva que otros factores de riesgo asociados a los accidentes fatales. García-Altés et al. (2013) también analizaban los beneficios económicos en términos de Análisis Coste-Beneficio, aunque para el caso de Cataluña, derivados de las diferentes medidas implantadas en la región sobre la seguridad vial, entre las que incluyen medidas de vigilancia (velocidad, alcohol, dispositivos de seguridad); de mejoras en las infraestructuras; campañas educativas; incremento de la monitorización y de las multas; y las reformas legislativas. Por último, otro estudio más descriptivo como el de Villalbí y Pérez (2006) sugirió un impacto favorable de las regulaciones y su vigilancia en relación al uso del casco para motoristas, los límites de velocidad y el control del consumo de alcohol frente a otras medidas como el uso del cinturón de seguridad.

3.3 Distribución de competencias en materia de vigilancia y seguridad vial en España

Entre las materias que la Constitución Española de 1978 atribuye en exclusiva al Estado, se encuentran *el tráfico y la circulación de vehículos a motor* (artículo 149.1). La asignación de esta competencia con carácter exclusivo al Estado, en cuanto a funciones normativas y ejecutivas, obedece a que las cuestiones relacionadas con la gestión del tráfico y su regulación, trascienden el ámbito territorial regional, llegando incluso a ser objeto de consideración por el Derecho Comunitario y el Derecho Internacional. De esta forma, el Estado tiene competencia exclusiva para dictar la legislación y normativa reglamentaria que rige la circulación de vehículos a motor, así como para establecer las condiciones técnicas de los vehículos y las autorizaciones administrativas relativas a vehículos y los conductores.

No obstante, el artículo 150 de la Constitución, en sus apartados 1 y 2, también dispone la posibilidad de que algunas Comunidades Autónomas asuman determinadas funciones de ejecución de la normativa estatal en la materia, a través de sus propios Estatutos. En concreto, las únicas Comunidades que gozan actualmente de competencias ejecutivas en materia de tráfico y seguridad vial en España son: País Vasco, Cataluña y Navarra². Sus características propias se explican a continuación:

² Para este estudio, se han excluido las CC.AA. de País Vasco y Cataluña ya que tienen atribuidas en exclusiva todas las funciones de vigilancia y supervisión de las normas de tráfico que vamos a considerar en nuestro estudio y que atañen a la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil.

- a. País Vasco: en este caso, la transferencia de ciertas competencias ejecutivas en materia de ejecución de legislación estatal sobre tráfico y seguridad vial, se produjo en 1982, a partir del Real Decreto 3256/1982, de 15 de octubre, y en virtud de la actualización de su régimen foral, que fue reconocido por la Constitución de 1978. Como consecuencia de ello, el País Vasco puede asumir en materia de circulación vial las competencias que tradicionalmente han desempeñado los cuerpos policiales de los territorios históricos, así como otras funciones de carácter ejecutivo en la materia, dentro de la normativa dictada por el Estado, entre las que se pueden citar: facultades de autorización de apertura y funcionamiento de autoescuelas, facultades de sanción de infracciones de tráfico previstas en la Ley sobre Tráfico y Seguridad Vial (excepto las que correspondan a Administraciones Locales, y la suspensión de permisos de circulación y carnets de conducir), realización de campañas propias de educación y formación vial en su territorio y ejecución de campañas programadas por la Jefatura Central de Tráfico con carácter nacional, establecimiento de medidas de vigilancia de la circulación de vehículos, percepción de tasas y derechos económicos correspondientes a estas y otras funciones.
- b. Cataluña: ha sido la última Comunidad Autónoma en sumarse a esta delegación de funciones ejecutivas en 1997, en virtud de la Ley Orgánica 6/1997, de 15 de diciembre, de Transferencia de Competencias Ejecutivas en Materia de Tráfico y Circulación de Vehículos a Motor, que contemplaba la transferencia de materias de titularidad estatal relacionadas con el tráfico y la seguridad vial, a partir de lo establecido en el artículo 150.2 de la Constitución de 1978. En concreto, Cataluña asume, en su territorio y a través de la policía autonómica, la vigilancia, disciplina y regulación del tráfico, la denuncia de las infracciones, así como las tareas de protección y auxilio en las vías públicas, sin perjuicio de las competencias que correspondan a los municipios.
- c. Navarra: es un caso especial de competencias compartidas. Fue la Ley Orgánica 13/1982 de 10 de agosto la que, a través de una actualización del régimen foral histórico atribuido a esta Comunidad, estableció que corresponden a Navarra una serie de competencias en todo lo relativo al tráfico y circulación, con carácter más restringido que en el País Vasco. Por ejemplo, Navarra ha conservado atribuciones en cuanto a vigilancia del tráfico en vías interurbanas, que lleva a cabo la Policía Foral en concurrencia con la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil; así como, potestad sancionadora exclusiva en las denuncias procedentes de ambos cuerpos en determinadas infracciones.

Por su parte, la Dirección General de Tráfico es el organismo encargado de establecer las directrices básicas y esenciales en la materia (Real Decreto Legislativo 6/2015 de 30 de octubre), en colaboración con las Corporaciones Locales y con el soporte de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil. Si bien, las Comunidades Autónomas con competencias ejecutivas en este asunto, también han establecido sus propios Consejos Autonómicos de Tráfico y Seguridad Vial. De forma que las tareas de vigilancia del tráfico en vías interurbanas, se distribuyen entre la Guardia Civil (para todo el territorio español, excepto el País Vasco y Cataluña) y los cuerpos policiales autonómicos de las dos Comunidades Autónomas citadas (que ejercen sus actividades en sus respectivos territorios) y el de Navarra que ejerce su actividad de vigilancia del tráfico de manera compartida con la Agrupación de Tráfico.

Con objeto de coordinar las políticas de seguridad vial desarrolladas por la Administración del Estado y estas tres Comunidades Autónomas que disponen de competencias en materia de tráfico, la Ley 18/2009, de 23 de noviembre, creó la denominada *Comisión Autonómica*, que ha sido recientemente sustituida por la *Conferencia Sectorial de Tráfico, Seguridad Vial y Movilidad Sostenible*, en virtud de la Ley 6/2014, de 7 de abril.

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS DEL ESTUDIO

4.1 Descripción de los datos

Nuestro análisis se centra en el periodo 2005-2015. El año 2004, según Novoa et al. (2011b) marca un punto de inflexión en la vigilancia de la seguridad vial pues con anterioridad a esa fecha, la mayoría de las intervenciones estaban basadas en normativas como el establecimiento de los niveles legales de alcohol en sangre para conductores, la implantación de límites de velocidad o la obligatoriedad de usar los cinturones de seguridad. Sin embargo, a partir del año 2004, las medidas de vigilancia como las cámaras de seguridad o los controles de alcoholemia se reforzaron ampliamente, junto a otros importantes cambios normativos, algunos de los cuales ya han sido citados.

La variable endógena de nuestro modelo consiste en el número de víctimas mortales en vías interurbanas en el territorio propio donde la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil tiene jurisdicción (es decir, excluyendo País Vasco y Cataluña). Se utilizan las series suministradas por la propia DGT según la definición de la Convención de Viena, que considera víctimas mortales las que se producen en los 30 días posteriores al accidente. La evolución en el tiempo de la variable endógena objeto del estudio se puede observar en la Figura 2.

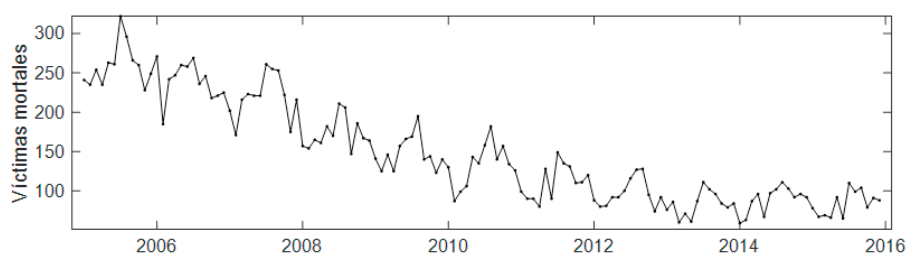


Figura 2. Víctimas mortales (mensuales) en accidentes de tráfico en territorio español (excluyendo País Vasco y Cataluña)

La Figura 2 muestra la caída llamativa de la siniestralidad en España que se viene produciendo desde el año 2004. En realidad, tal reducción viene produciéndose desde mucho antes, basta recordar el nivel de las víctimas mortales mensuales de los años 90 (García-Ferrer et al., 2007).

Una vez definida la variable a explicar, se estudiará mediante técnicas econométricas su relación con un gran número de variables exógenas o explicativas de las que dependen. Concretamente, las variables explicativas se pueden agrupar en tres grupos:

- a. Actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, separadas según su carácter genérico o específico sobre alguna infracción determinada.
- b. Legislación en materia de seguridad vial (ya comentada en el apartado 3.2).
- c. Otras variables que influyen en la seguridad y siniestralidad vial.

El listado completo de las variables consideradas se encuentra en la Tabla 3.

Grupo		Nombre	Definición	Tipo de variable
Supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil	Supervisión del cumplimiento de las normas de circulación específica	RADAR	Número de vehículos sometidos a equipos de radar (fijos y móviles) para controlar la velocidad ³ .	Continua
		ALCOHOL	Número total de pruebas de alcoholemia.	Continua
		DROGAS	Número total de pruebas de drogas.	Continua
	Supervisión del cumplimiento de las normas de circulación genérica	KM	Kilómetros totales recorridos por los distintos medios móviles de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil: Motos, Camuflados, Radar, Patrulla, Ronda Control, Atestados, Mando y Otros.	Continua
		VEHÍCULOS	Número de vehículos utilizados por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, incluyendo Motocicletas, Camuflados, Radar, Patrulla, Atestados, Mando, y otros.	Continua
		EFFECTIVOS	Total de efectivos personales empleados.	Continua
	HORAS	Número total de horas empleadas (día y noche).	Continua	
Legislación		PUNTOS	Introducción del Carnet por Puntos en Julio de 2006 (Castillo-Manzano et al., 2010), se modeliza como un cambio transitorio según indican Butler et al. (2006), De Paola et al. (2012) y Farchi et al. (2007) para Irlanda e Italia, respectivamente.	Artificial
		C.PENAL	Reforma del Código Penal en diciembre de 2007. Aunque la reforma entró en vigor en diciembre (variable DIC2007), sus efectos se empezaron a notar ya en noviembre (NOV2007), por el gran impacto que tuvo a través de los medios de comunicación (Castillo-Manzano et al., 2011).	Artificial
		VELOCIDAD	Tiene en cuenta el cambio de los límites de velocidad en autovías (desde el 7 de marzo al 30 de junio de 2011).	Artificial
Otras variables		CARBURANTE	Consumo total nacional de carburante por el sector del transporte (gasolina y gasoil) en miles de toneladas.	Continua
		PASCUA	Fiesta móvil de Semana Santa.	Artificial
		LABORABLE	Efecto diferencial de cada mes por la diferente composición de días laborables y fines de semana.	Artificial

Tabla 3. Variables exógenas o explicativas del modelo

³ Teniendo en cuenta que el objetivo del presente estudio se centra en el impacto de la supervisión y vigilancia ejercidas por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, la variable RADAR sólo cuantifica los vehículos controlados exclusivamente por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, mediante radares de velocidad. Es decir, se excluye del análisis, la actividad de control de velocidad realizada por la Dirección General de Tráfico mediante radares instalados en pórticos sobre las carreteras o en postes, así como los ubicados en vehículos como el helicóptero Pegasus.

A continuación, se ofrecen aclaraciones sobre algunas de las variables recogidas en la Tabla 3:

- a. La variable de consumo de carburante (CARBURANTE) se utiliza como una aproximación de la utilización de los vehículos o densidad de tráfico. También se puede considerar como una variable representativa del ciclo económico.
- b. La variable PASCUA se introduce para medir el efecto distorsionador sobre la estacionalidad derivado del hecho de que la Semana Santa es una festividad móvil en el calendario en el sentido de que se celebra unos años en marzo, otros en abril y otros entre ambos meses. Para ello, la variable se define asignando pesos máximos en los días que se espera tráfico más denso, de forma que la suma de los pesos sea la unidad. En este caso los pesos máximos se asignan al Viernes Santo, Domingo de Ramos, Miércoles Santo y Domingo de Pascua. Se otorgan pesos medios al Sábado anterior al Domingo de Ramos y al Jueves Santo. Y para el resto de días de esta festividad, se asignan pesos nulos.
- c. LABORABLE se refiere al número de días laborables por mes en proporción a los días de fin de semana, asumiendo que cada semana tiene cinco días laborables y le corresponden dos días de fin de semana. La variable se define como el número de días laborables menos 2,5 veces los días de fin de semana.
- d. Para la variable VELOCIDAD se han utilizado varias versiones, de las cuales la más conveniente es considerar que el efecto del primer mes fue un 25% menos importante, dado que la medida se implementó desde la segunda semana de marzo.

La evolución en el tiempo de las variables relacionadas con la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil se muestra en las Figuras 3 y 4.

La Figura 3 muestra algunos hechos destacables. Los controles de velocidad (RADAR) ascendieron prácticamente durante todo el periodo, con la excepción de los dos últimos años y una subida muy marcada a partir de 2011. Los controles de alcohol sufren un cambio de estacionalidad hacia la mitad de la muestra y una perturbación importante durante el año 2010. Por su parte, los controles de drogas se han empezado a aplicar más bien tarde dentro de la muestra (ya que comenzaron a realizarse en octubre de 2011), registrando un importante incremento en el año 2015, sobre todo entre febrero y abril.

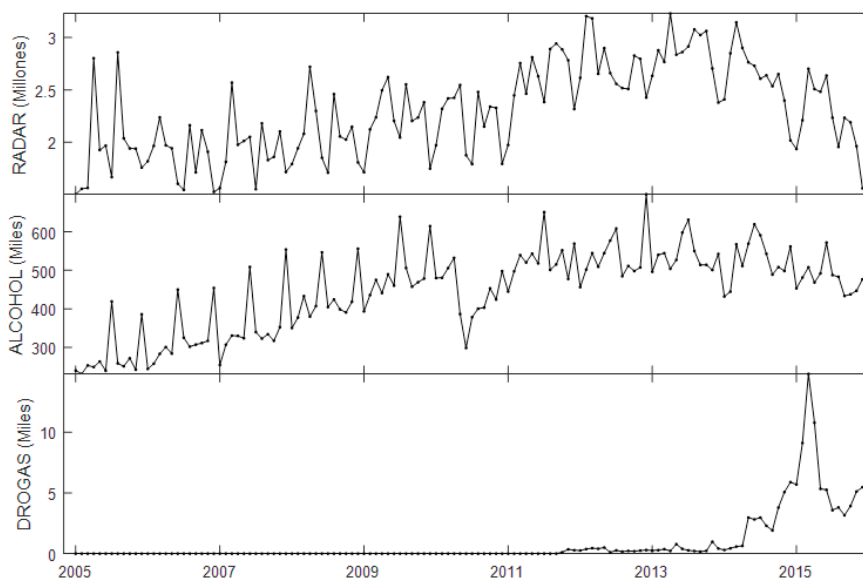


Figura 3. Evolución de las variables relacionadas con la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación específicas de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil.

Las variables KM, VEHÍCULOS, EFECTIVOS y HORAS se representan conjuntamente en la Figura 4, con el fin de remarcar que la información es muy parecida en todas ellas. En particular, las correlaciones entre KM y las demás no bajan de 0,83, a la vez que las correlaciones entre VEHÍCULOS, EFECTIVOS Y HORAS no bajan de 0,995.

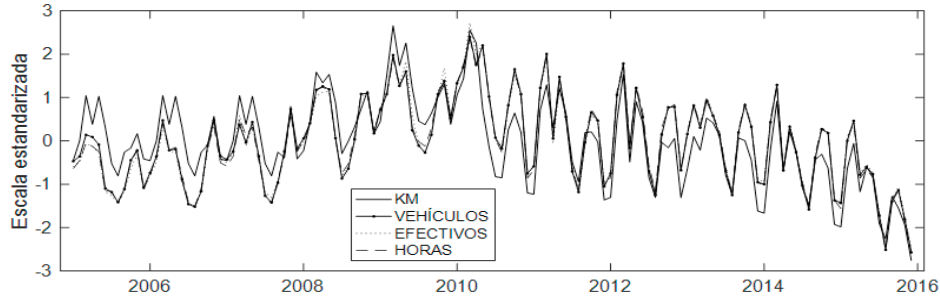


Figura 4. Evolución de las variables relacionadas con la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación genéricas de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil

En la siguiente tabla se recogen las tasas de variación de las variables relacionadas con la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación antes representadas

Año	Tasa (%) RADAR	Tasa (%) ALCOHOL	Tasa (%) DROGAS	Tasa (%) KM	Tasa (%) VEHÍCULOS	Tasa (%) EFECTIVOS	Tasa (%) HORAS
2006	-3,9	16,1	0	0,5	1,2	2,0	2,1
2007	3,1	11,4	0	-0,1	2,5	3,6	2,4
2008	7,2	19,1	0	8,0	8,6	8,7	9,7
2009	6,9	15,2	0	6,7	4,2	6,0	4,5
2010	-0,6	-10,6	0	-7,7	3,1	2,6	2,6
2011	18,1	20,8	0	-6,2	-8,7	-10,1	-8,6
2012	5,0	1,8	369,9	-3,0	-0,1	0,5	0,2
2013	4,6	0,3	30,8	-2,0	-1,3	-0,9	-1,5
2014	-7,7	-2,0	549,6	-4,7	-4,9	-5,3	-5,3
2015	-15,9	-9,4	156,5	-11,9	-10,3	-10,9	-11,6

Tabla 4. Tasas de variación de variables exógenas relacionadas con la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil.

La Tabla 4 muestra claramente que existen tres etapas:

- **1ª etapa 2005-2010:** crecimiento de prácticamente todos los indicadores de actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil.
- **2ª etapa 2011-2013:** hay una reducción en las variables relativas a la vigilancia genérica de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil en las carreteras (KM, VEHÍCULOS, EFECTIVOS y HORAS), aunque parece compensarse por un aumento en las variables relativas a la vigilancia específica (VELOCIDAD, ALCOHOL).

⁴ Teniendo en cuenta que el objetivo del presente estudio se centra en el impacto de la supervisión y vigilancia ejercidas por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, la variable RADAR sólo cuantifica los vehículos controlados exclusivamente por dicha Agrupación, mediante radares de velocidad. Es decir, se excluye del análisis, la actividad de control de velocidad realizada por la Dirección General de Tráfico mediante radares instalados en pórticos sobre las carreteras o postes, así como los ubicados en vehículos como el helicóptero Pegasus.

- 3ª etapa 2014-2015: disminución del potencial de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil e intensificación actividades de vigilancia en vías convencionales.

4.2 Modelos aplicados para la estimación

4.2.1 Modelos de función de transferencia dinámica

La metodología econométrica utilizada en el estudio, se enmarca dentro de los modelos ARIMA y de función de transferencia dinámica, que de hecho tienen ya cierta tradición en este tipo de estudios (Box et al. 2016; García-Ferrer et al., 2007; Castillo-Manzano et al., 2010 y 2011). El modelo ARIMA genérico se puede escribir de acuerdo con la expresión (1):

$$\Delta^d \Delta_{12}^D z_{jt} = \alpha + \frac{\theta_q(B) \Theta_Q(B^{12})}{\phi_p(B) \Phi_P(B^{12})} e_t \quad (1)$$

En esta ecuación z_{jt} ($j = 1, 2, \dots, m$) son las variables exógenas continuas (RADAR, ALCOHOL, etc.); e_t es un ruido blanco con media cero, varianza constante y sin correlación serial; B es el operador retardos, de forma que $B^i x_t = x_{t-i}$; $\Delta = 1 - B$ es el operador diferencias; $\Delta_{12} = 1 - B^{12}$ es el operador diferencia estacional; α es una constante; el último sumando constituye el modelo ARMA del ruido en el que aparecen polinomios en el operador retardo de distintos órdenes, tanto regulares como estacionales, es decir, $\phi_p(B) = (1 + \phi_1 B + \dots + \phi_p B^p)$, $\theta_q(B) = (1 + \theta_1 B + \dots + \theta_q B^q)$, $\Phi_P(B^{12}) = (1 + \Phi_1 B^{12} + \dots + \Phi_P B^{12P})$ y $\Theta_Q(B^{12}) = (1 + \Theta_1 B^{12} + \dots + \Theta_Q B^{12Q})$. Se asume que el proceso ARMA es estacionario e invertible.

Un aspecto muy importante en el análisis univariante y que no se desarrollará aquí, es que se ha utilizado un método de identificación de atípicos automático debido a Gómez y Maravall (2000). Dicho método puede verificar si en ciertas observaciones se dan discontinuidades puntuales, escalones o cambios transitorios que se activan en un momento determinado, pero que se desgastan en el tiempo. Los resultados concretos de los modelos univariantes con tratamiento automático de atípicos para las variables continuas, se presentan en la Tabla 5 que se recoge en páginas siguientes.

La formulación general de los modelos de transferencia dinámica es la mostrada en (2):

$$\Delta^d \Delta_{12}^D y_t = \alpha + \sum_{i=1}^k \frac{b_i}{1 + a_i B} \Delta^d \Delta_{12}^D x_{it} + \sum_{j=1}^m w_j(B) \Delta^d \Delta_{12}^D z_{jt} + \frac{\theta_q(B) \Theta_Q(B^{12})}{\phi_p(B) \Phi_P(B^{12})} e_t \quad (2)$$

En esta ecuación se aplican las definiciones anteriores, además y_t es una variable endógena (víctimas mortales en vías interurbanas); x_{it} ($i=1, 2, \dots, k$) son un conjunto de variables artificiales (PUNTOS, LABORABLE, C. PENAL (NOV07), etc.); b_i y a_i ($i=1, 2, \dots, k$) son constantes; $w_j(B)$ es el modelo dinámico que relaciona cada variable exógena con la endógena, es decir, $w_j(B) = (w_0 + w_1 B + \dots + w_j B^j)$; el último sumando constituye el modelo ARMA del ruido según la formulación univariante anterior. Este último término viene a reemplazar la dinámica de todas las variables omitidas en el estudio.

Un aspecto importante en el proceso de construcción del modelo es el de identificación de los órdenes de los polinomios del modelo del ruido (p, P, q, Q), así como los de los polinomios que afectan a las variables exógenas continuas ($w_j(B)$). En este estudio, la identificación se ha conseguido mediante la minimización del Criterio de Información de Schwarz (SBC según las siglas en inglés) para un conjunto de modelos alternativos. El SBC pondera el ajuste del modelo penalizando la función objetivo por el número de parámetros, de forma que solo se incluyen aquellos parámetros que producen una mejora significativa de la función objetivo.

Dicho proceso de identificación produce el siguiente modelo (3):

$$\Delta_{12}y_t = \alpha + \sum_{i=1}^k \frac{b_i}{1+a_iB} \Delta_{12}x_{it} + \sum_{j=1}^m w_j \Delta_{12}z_{jt} + (1 + \Theta_1 B^{12}) e_t \quad (3)$$

En pocas palabras podemos decir, que el modelo solo tiene una diferencia estacional, las funciones de transferencia con las variables continuas son en realidad términos de regresión lineal y que el modelo del ruido es un MA(1) con estacional mensual.

Todas las funciones de transferencia de las variables artificiales con la endógena se asumen de orden 1. Esta parametrización es conveniente porque dando distintos valores a las constantes a_i ($i=1,2,\dots,k$) tenemos varias especificaciones particulares (ver Figura 5):

- a. AO (Additive Outlier, en inglés): Los efectos puntuales o efectos aditivos se consiguen con $a_i=0$, siendo x_{it} una variable tipo impulso (valor 1 en un momento determinado del tiempo y 0 en el resto). Es el caso conveniente cuando existe una observación aislada atípica, como C. PENAL (NOV2007).
- b. LS (Level Shift): Los efectos permanentes se consiguen $a_i=-1$ y x_{it} impulso y sirven para modelizar cambios que se prolongan más allá del final de la muestra. De este modo se ha determinado la influencia de C. PENAL (DIC2007) para modelizar los cambios en el Código Penal de finales de 2007.
- c. TC (Transitory Change): Los efectos transitorios con amortiguamiento son aquellos en los que se espera un efecto inicial que se va gastando en el tiempo. Es el caso del efecto de la implantación del carnet por puntos. Estos efectos se consiguen con $-1 < a_i < 0$ y x_{it} una variable impulso.
- d. Hay otros efectos que, siendo transitorios, requieren una modelización un poco más detallada. En esta categoría solo se considera VELOCIDAD. Se modeliza con $a_i=0$ y x_{it} siendo una variable que toma valores 1 en todos aquellos periodos influidos por la medida, excepto en el primer periodo, en el que la variable artificial toma el valor 0,75, debido a que la medida se implementó a partir de la segunda semana de marzo de 2011.

La estimación del modelo se realiza por máxima verosimilitud exacta. El procedimiento consiste en calcular todos los parámetros desconocidos del modelo de forma que se haga máxima la probabilidad de la muestra que efectivamente se observa, es decir, los datos observados. Para ello es necesario escribir la función de densidad de la muestra para posteriormente maximizarla respecto a los parámetros. Debido a la dependencia temporal de las observaciones es necesario utilizar la regla de las probabilidades condicionadas para construir la función de verosimilitud (densidad) de todas las observaciones.

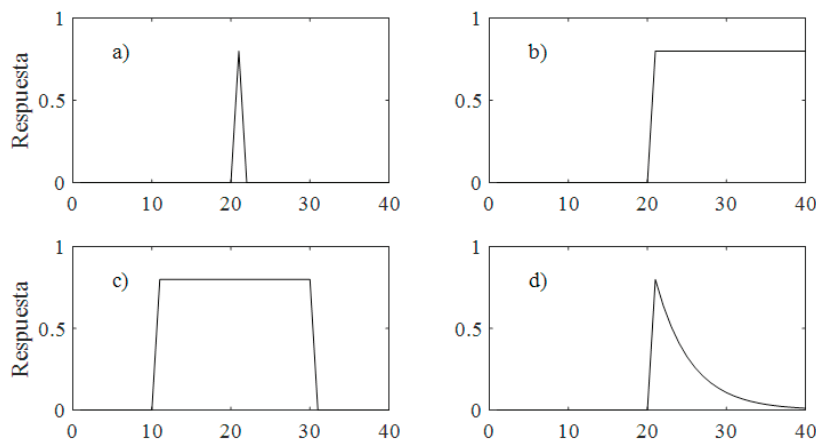


Figura 5. Tipos de variables de intervención. Nota: a) impulso (AO); b) escalón (LS); c) transitorio constante y d) transitorio amortiguado (TC), con una ganancia positiva de 0,8. Las gráficas serían exactamente iguales pero simétricas respecto al eje horizontal en el caso de que la ganancia fuera negativa.

En general, la función de verosimilitud se puede escribir como en (4):

$$L(Y_n) = p(y_1, \dots, y_n) = p(y_1) \prod_{t=2}^n p(y_t | Y_{t-1}) \quad (4)$$

donde asumimos que disponemos de n observaciones, Y_n es el vector de todas las observaciones o toda la información disponible hasta la observación n -ésima; $L(Y_n)$ es la función de verosimilitud (o densidad) de dicho vector; $Y_{(t-1)}$ indica toda la información disponible hasta el instante $t-1$; p indica función de densidad; y $p(y_t | Y_{(t-1)})$ es la función de densidad de la observación t -ésima condicionada a toda la información disponible hasta el instante anterior.

Asumiendo que la perturbación e_t es gaussiana, la expresión anterior se convierte en la expresión (5):

$$L(Y_n) = (2\pi\sigma_e^2)^{-n/2} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_e^2} \sum_{t=2}^n \hat{e}_t^2\right) \quad (5)$$

En el que el residuo \hat{e}_t es función de todos los parámetros del modelo, de hecho se despeja de la ecuación del modelo, dados unos valores de los parámetros. Algoritmos numéricos de búsqueda proporcionarán los valores que maximicen la función de verosimilitud.

4.2.2 Modelos univariantes de variables exógenas continuas

En esta sección se elaboran modelos univariantes para todas las variables del estudio mediante modelos ARIMA con análisis automático de intervención para detectar atípicos, expuestos en la sección anterior. Estos modelos sirven como análisis exploratorio inicial y ponen de manifiesto varias cuestiones, como la necesidad de utilizar una transformación de varianza en las variables exógenas que no será necesaria en la endógena. Pero sobre todo, revelarán los atípicos y efectos calendario típicos, algunos de los cuales no se encuentran en la variable endógena. Por ello, todos los atípicos no relacionados directamente con la actividad de la ATGC se eliminarán de las series para los análisis posteriores.

Los resultados aparecen en la Tabla 5. Para una correcta interpretación de los resultados, se deben tener en cuenta que las variables continuas se utilizan en logaritmos, para corregir el problema de heterocedasticidad (varianza cambiante en el tiempo) y que todas las variables artificiales son binarias (solo toman los valores 0 y 1). De la combinación de ambos factores, se deriva que la variación porcentual que experimenta la variable endógena cuando se activa una variable artificial pasando de 0 a 1, se debe calcular como $[\exp(\text{"coeficiente"}) - 1] \times 100\%$.

	RADAR	ALCOHOL (*)	KM	VEHÍCULOS	EFFECTIVOS	HORAS	CARBURANTE
Diferencias	d=1 D= 1	d=1 D= 1	d=1 D= 1	d=1 D= 1	d=1 D= 1	d=1 D= 1	d=1 D= 1
MA(1) (θ_1)	-0,612	-0,831	-0,600		-0,489	-0,507	
MA(2) (θ_2)				-0,463			
MA(12) (Θ_1)	-0,449		-0,521	-0,465	-0,461	-0,473	-0,354
AR(1) (ϕ_1)				0,468			0,787
AR(2) (ϕ_2)			0,196		0,241	0,236	0,457
AR(12) (Φ_1)		-0,817					-0,891
PASCUA	-0,172		-0,066	-0,068	-0,073	-0,069	

Mayo10 (AO)		-0,332					
Mayo10 (LS)			-0,211				
Junio10 (TC)		-0,653					
Den Junio10		-0,718					
(a _j)				-0,092	-0,093	-0,094	
Dic10 (LS)	0,098						
Feb11 (LS)	0,288						
Abril05 (LS)							
Febrero07 (AO)							
Q(4)	2,29	4,12	1,19	0,54	1,10	0,98	3,36
Q(12)	7,69	16,59	7,19	5,39	8,83	7,64	11,63
Q(24)	14,64	19,61	10,94	14,63	18,07	16,29	16,45
KSL	0,04	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,07
(P-valor)	(0,61)	(0,48)	(0,50)	(0,38)	(0,50)	(0,59)	(0,12)
Heterosced.	0,81	0,75	0,92	0,97	0,97	0,99	0,78
(P-valor)	(0,53)	(0,39)	(0,84)	(0,93)	(0,92)	(0,97)	(0,47)

Tabla 5. Resultados de estimación univariante de variables continuas del modelo. (*) Se muestra sólo la estimación de los atípicos más importantes. Todos los coeficientes que aparecen en los modelos son significativos a un nivel del 1%. MA (1), MA (2), etc. indican los órdenes y tipo de coeficientes del modelo ARIMA del ruido. Q(p) es el Q de Ljung y Box de autocorrelación para p retardos bajo la hipótesis nula de independencia. KSL es el estadístico Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors bajo la hipótesis de normalidad (la probabilidad en la cola se indica entre paréntesis). H es un test de ratio de varianzas bajo la hipótesis de igualdad, basado en la comparación de la varianza del primer tercio de la muestra con el último tercio (la probabilidad en la cola se muestra entre paréntesis).

De los resultados obtenidos mediante los modelos univariantes expresados en la Tabla 5 y su continuación, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- a. La variable DROGAS no se puede analizar desde esta perspectiva, puesto que no se cuenta con un número suficiente de datos para realizar un estudio univariante fiable (recordemos que los primeros controles de drogas comenzaron a aplicarse en octubre de 2011), además de que, como puede observarse en el panel inferior de la figura 3, muestra un comportamiento extremadamente errático. Por tanto, se reservará como variable exógena para el estudio de la siniestralidad más tarde.
- b. Todos los modelos se estimaron inicialmente incluyendo las variables PASCUA y LABORABLE. Solo se han encontrado efectos significativos para PASCUA, pero no en todas las variables. En particular, KM y CARBURANTE no muestran efecto Pascua. Todos los efectos son negativos, implicando que la actividad de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil se vería afectada negativamente por la Pascua, en porcentajes que van desde un 15,8% de los controles de velocidad a un 6,4% de KM.
- c. Todas las series presentan problemas de atípicos además de los mencionados, con la única excepción de CARBURANTE.
- d. Todas las variables procedentes de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil presentan perturbaciones llamativas a lo largo del año 2010 o principios del 2011:
 - En el caso de RADAR se aprecia en los controles de velocidad un incremento en febrero de 2011 del 12,5%.
 - ALCOHOL es especialmente complicada de analizar, por lo que aparecen múltiples atípicos. En la Tabla 5 se muestran los más relevantes, en línea con las demás series. Esta serie presenta un patrón bastante errático respecto a las demás. Los picos estacionales

alternan entre junio y julio, y el de diciembre no siempre aparece. Además, experimenta una caída en mayo y junio de 2010, en forma de atípico tipo TC (transitorio amortiguado). Esto implica una fuerte caída que se recupera a lo largo del año. El impacto inicial en junio de 2010 es de un 47,9%. La misma perturbación se detecta como permanente (escalón LS) en la serie KM, en torno a un 19,1% (ver Figura 5).

- Las series VEHÍCULOS, EFECTIVOS Y HORAS presentan modelos y atípicos muy parecidos entre sí. Lo más destacable es una caída de cualquiera de las variables de forma brusca y permanente desde diciembre de 2010. Los valores oscilan entre un 8,9% y un 9,6%.
- e. Todos los modelos univariantes son correctos desde un punto de vista estadístico, en el sentido de que los residuos no presentan problemas de autocorrelación, normalidad y heterocedasticidad, medidos por los estadísticos Q de Ljung-Box, KSL y H.

5. ESTIMACIÓN ECONOMÉTRICA DEL IMPACTO SOBRE LA SEGURIDAD VIAL DE LA ACTIVIDAD DE LA SUPERVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CIRCULACIÓN DE LA Agrupación de Tráfico DE LA GUARDIA CIVIL

La aplicación de la metodología expuesta en la sección anterior proporciona los resultados que se muestran en la Tabla 6.

	ATGC = KM	ATGC = VEHÍCULOS	ATGC = EFECTIVOS	ATGC = HORAS
RADAR	-44,314***	-40,431***	-39,833***	-40,038***
ALCOHOL	-5,258*	-7,477*	-6,499*	-6,173*
DROGAS	-1,025	-0,555	-0,413	-0,621
ATGC	-30,686**	-52,666***	-52,822***	-46,658***
CONSTANTE	-13,349***	-13,443***	-13,469***	-13,261***
LABORABLE	-0,960**	-0,954**	-0,948**	-0,961**
VELOCIDAD	-14,144**	-13,929**	-15,056**	-14,304**
C. PENAL (NOV2007)	-36,148**	-33,695**	-33,599**	-34,513**
C. PENAL (DIC2007)	-39,827***	-35,271***	-34,525***	-36,700***
PUNTOS	-33,423***	-32,686***	-32,680***	-30,744***
Denominador	-0,830***	-0,826***	-0,819***	-0,858***
ENERO2006	48,907***	47,046***	47,309***	46,725***
CARBURANTE	7,585**	5,512**	7,115*	10,951**
MA(12)	-0,577***	-0,573***	-0,571***	-0,578***
Q(4)	2,67	1,36	1,19	1,28
Q(12)	8,29	4,09	3,92	4,33
Q(24)	17,24	10,42	9,68	10,68
KSL	0,06	0,07	0,05	0,07
	(0,34)	(0,23)	(0,44)	(0,19)
H	0,94	0,98	0,99	0,99
	(0,84)	(0,96)	(0,96)	(0,99)
AIC (Akaike)	5.63	5.61	5.60	5.61
SBC (Swartz)	5.93	5.91	5.91	5.92
R2 ajustado	0.94	0.94	0.94	0.94
Varianza residual	224.31	219.66	217.99	220.19

Tabla 6. La actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil. Resultados de la estimación de funciones de transferencia. En cada columna la variable genérica ATGC es la variable que se indica en la cabecera. Uno, dos y tres asteriscos indican significación de los parámetros al 10%, 5% y 1% de significación, respectivamente.

Para una correcta interpretación de los mismos se deben tener en cuenta las siguientes observaciones:

- a. El análisis detallado de la varianza de la variable endógena muestra que no es necesaria ninguna transformación, mientras que las exógenas continuas necesitan de la transformación logarítmica (según se indicó en la sección anterior). A la vez, la diferencia interanual es necesaria para estabilizar la media de las series temporales. Ambos factores implican que los coeficientes estimados divididos por 10 se pueden interpretar como la variación anual de las víctimas mortales cuando la variable exógena correspondiente sufre una variación anual de un 10%.
- b. La interpretación correcta de los coeficientes de las variables artificiales es directa en este caso, puesto que nos dan directamente la variación en número de víctimas.
- c. Cada columna de la Tabla muestra el mismo modelo en el que la variable genérica Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil representa una variable relacionada con la actividad de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil (KM, VEHÍCULOS, EFECTIVOS y HORAS, respectivamente). No tiene sentido incluirlas todas en un solo modelo porque la información es común entre todas ellas creando problemas técnicos en la estimación de los modelos y en interpretación de los mismos. En este sentido, el modelo que emplea la variable EFECTIVOS sería el óptimo ya que minimiza la varianza residual o el AIC y SBC, a la vez que maximiza el R2. En todo caso, las diferencias en los valores de estos estadísticos entre los diferentes modelos son muy pequeñas.
- d. Algo que es especialmente relevante en este contexto es que las variables continuas exógenas se han corregido de efecto Pascua con la ayuda de los modelos univariantes. Esto nos permite comprobar más nítidamente si la variable endógena tiene este efecto.

Las principales conclusiones que se extraen de la Tabla 6 son las siguientes:

- a. Respecto a la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación específica, se puede decir que los controles de velocidad por radar son más efectivos en la reducción de las víctimas mortales que los controles de alcohol y drogas, siendo estos últimos no significativos en nuestro modelo, como se explica en el apartado b) siguiente. Concretamente, un incremento anual de un 10% de los controles de velocidad por radar ha reducido el número de víctimas mortales en un porcentaje que varía entre -4,4 y -3,9 en tasa anual, mientras que los controles de alcohol ha reducido este número entre un -0,74 y -0,53 en tasa anual.

Un incremento anual de un 10% de los controles de velocidad por radar reduciría el número de víctimas mortales en un porcentaje que varía entre -4,4 y -3,9 en tasa anual, mientras que los controles de alcohol reduciría ese número entre un -0,74 y -0,53 en tasa anual

- b. Como puede apreciarse en la Tabla 6, los controles de drogas no resultan significativos, de lo que puede deducirse que no tienen efecto en la siniestralidad vial. Sin embargo, este resultado debe matizarse, teniendo en cuenta que los controles de drogas comenzaron a aplicarse en octubre de 2011, por lo que no se dispone de una serie lo suficientemente amplia para poder obtener estimaciones robustas y definitivas. Por otro lado, a partir de la Figura 6, que muestra las víctimas mortales y los controles de drogas realizados durante el periodo estudiado, se observa que la variable DROGAS presenta un comportamiento bastante irregular a lo largo del tiempo para el que se dispone de datos. Si bien, la serie alcanza un pico importante en marzo de 2015, que lleva a pensar que, durante ese mes y los inmediatamente siguientes, los controles de drogas contribuyeron significativamente a reducir las víctimas mortales, teniendo en cuenta la mejora experimentada con respecto a los datos de los mismos meses del año anterior.

En definitiva, el hecho de que la variable DROGAS no sea significativa en la muestra, implica que, con la información disponible en el momento de realizar este estudio, esta variable no tiene influencia de media en toda la muestra.

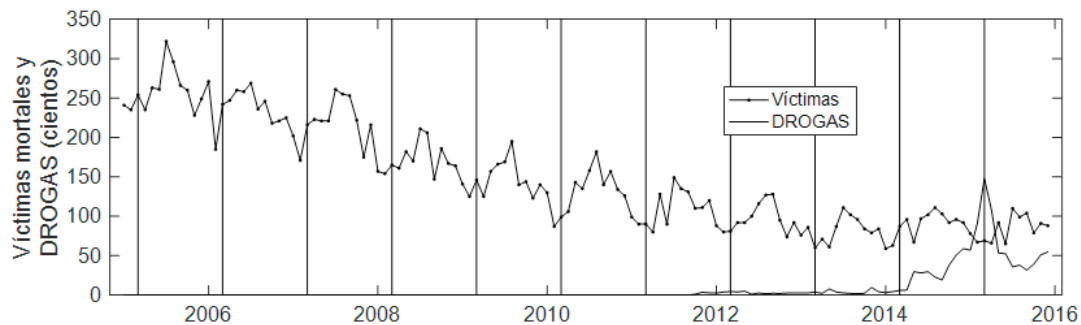


Figura 6. Víctimas mortales en accidentes de tráfico y controles de drogas. Nota: las líneas verticales indican los meses de marzo de cada año.

- c. Si nos centramos en la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación genérica, la medida más efectiva para la reducción del número de víctimas es el aumento del número de Efectivos, Vehículos y Horas frente al de Kilómetros. De este modo, un aumento en un 10% en el número de Efectivos o de Vehículos reduce el número de víctimas mortales en un 5,3% en tasa anual, porcentaje seguido muy de cerca por la reducción lograda por la variable Horas situada en el -4,7%, mientras que, en último lugar y separado del resto, se sitúa la variable Kilómetros, que provoca una reducción del -3,1%. Este resultado es un fuerte incentivo a las políticas de aumento de plantilla de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, enfatizando el refuerzo que se lograría en la reducción de la siniestralidad si se aumentara el número de horas de servicio.

Mientras un aumento del 10% en el número de efectivos o vehículos reduce el número de víctimas mortales en un -5,3% en tasa anual, el aumento en el mismo porcentaje de las horas o de los kilómetros provocaría una reducción del -4,7 % y del -3,1% respectivamente. Este resultado es un fuerte incentivo a las políticas de aumento de plantilla de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil.

- d. Como puede observarse, las reformas legales implementadas en materia de seguridad vial anteriormente mencionadas (introducción del carnet por puntos en 2006, reforma del Código Penal en 2007 y reducción de los límites de velocidad en 2011), también han tenido un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre las víctimas mortales en vías interurbanas.
- e. Una cuestión que puede sorprender, es que el efecto Pascua no es significativo, contradiciendo un resultado habitual en la bibliografía sobre el tema (p. ej. Castillo-Manzano et al., 2010 y García-Ferrer et al., 2007). Modelos univariantes estimados con series más largas o muestras anteriores, indican que el efecto desaparece para los datos más recientes. Esto implica que el efecto pierde fuerza en el tiempo, mostrando un cambio de comportamiento en los viajes de Semana Santa, quizá debido a que se utilizan más los viajes en avión de bajo coste (u otras formas de viaje más “exóticas” como los cruceros), frente al tradicional en coche. Es importante destacar aquí que en las variables exógenas se detectaron efectos Pascua y que, por tanto, estos no se han transmitido a la variable de víctimas mortales.

- f. El efecto de los días laborables es negativo para las víctimas mortales, lo que implica que la siniestralidad vial se concentra en los fines de semana debido a que la conducción es más arriesgada (ver Kanaan et al., 2009), seguramente porque ciertos grupos de riesgo, como conductores jóvenes, utilizan más el coche para sus desplazamientos.

La siniestralidad vial se concentra en los fines de semana debido a que la conducción es más arriesgada (Kanaan et al, 2009), seguramente porque ciertos grupos de riesgo, como conductores jóvenes, utilizan más el coche para sus desplazamientos.

- g. Desde un punto de vista estadístico, todos los modelos se pueden considerar adecuados, ya que los residuos no muestran problemas de dependencia serial, gaussianidad o heterocedasticidad.

Con el fin de evaluar la importancia de esos valores en el periodo 2005-2015, se muestran en la Tabla 7 las variaciones anuales de víctimas mortales, en unidades y tasas de variación, como consecuencia de la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación realizada por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil. Para facilitar la interpretación de los datos, se ha elegido uno de los cuatro modelos presentados en la Tabla 6, concretamente el modelo Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil=Efectivos⁵ (las tasas de variación anuales de las variables exógenas se recogen en la Tabla 4).

Año	Variación víctimas mortales	Tasa variación víctimas mortales (%)
2006	-12	-0,40%
2007	-103	-3,92%
2008	-179	-8,67%
2009	-121	-6,85%
2010	-8	-0,48%
2011	-45	-3,34%
2012	-28	-2,39%
2013	-14	-1,38%
2014	65	6,07%
2015	129	12,76%

Tabla 7. Influencia de la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil (basada en el número de efectivos) en el número de víctimas mortales en accidentes de tráfico y sus tasas de variación

Agregando los resultados de la Tabla 7 tenemos que, si tomamos como indicador de la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación genéricas de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil el número de efectivos, el número de víctimas mortales se redujo como consecuencia de la vigilancia y supervisión global de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil en 510 (3,43%) entre 2006 y 2015. Por otro lado, si no se hubiera producido la reducción tanto en los controles de velocidad y de alcohol como en el número de efectivos en los años 2014-2015 (ver Tabla 4), se habrían podido evitar otras 194 víctimas mortales en esos dos años (aumento del 9,42%).

⁵ Es el modelo con mejores propiedades estadísticas como antes se ha explicado

6. ANÁLISIS DE LAS PREVISIONES DE LA SUPERVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CIRCULACIÓN DE LA AGRUPACIÓN DE TRÁFICO DE LA GUARDIA CIVIL SOBRE LA SEGURIDAD VIAL

En esta sección se pretende dar respuesta a la cuestión relacionada con el posible impacto que la actividad de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil podría tener sobre el número de víctimas mortales, en los 5 años siguientes a nuestro periodo de estudio, es decir, desde 2015. Esta pregunta se puede responder realizando simulaciones, que necesariamente, están sujetas a un número de hipótesis, más o menos probables. Dichas simulaciones consisten en enfrentar dos escenarios posibles⁶:

1. Primer escenario: el primer escenario de referencia consiste en mantener todas las variables exógenas que controla la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil en los valores del último año (2015), es decir, bajo el supuesto de que todo sigue igual durante los 5 años siguientes.
2. Segundo escenario: el segundo escenario consiste en suponer que todas las variables exógenas que controla la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil vuelven a los valores máximos del periodo temporal considerado (2005-2015).

Incluso en el primer escenario, en el que se está simulando que las variables controladas por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil se mantienen constantes en niveles de 2015, se mantiene una inercia descendente de las víctimas mortales, en consonancia con lo que se viene observando en toda la muestra. Aun así, sobre esta inercia es posible mejorar los valores mediante la acción de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, como lo muestra el segundo escenario en que las variables controladas por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil son mayores. Es importante destacar que, a medida que la serie desciende, los esfuerzos adicionales tienen menor recompensa. En la Tabla 8 se refleja la diferencia entre las previsiones obtenidas bajo los dos escenarios anteriores, utilizando de nuevo el modelo Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil=Efectivos

Año	Número de víctimas mortales evitadas (previsión)
2016	130
2017	125
2018	119
2019	114
2020	108

Tabla 8. Previsiones a 5 años de la influencia de la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de tráfico de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil.

Estas previsiones se muestran también en la Figura 7. En el panel superior de dicha figura se recogen, junto a los valores reales hasta 2015, los valores de la predicción de las variables a 5 años a partir de ese año, en los dos escenarios propuestos: bajo el supuesto de que no hay cambio en las variables que controla la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, y suponiendo los valores máximos dentro de la muestra. En el panel inferior, se destaca sólo la previsión a 5 años en los dos escenarios propuestos.

⁶ Los valores de la variable CARBURANTES se han mantenido en los niveles de 2015 en ambos escenarios

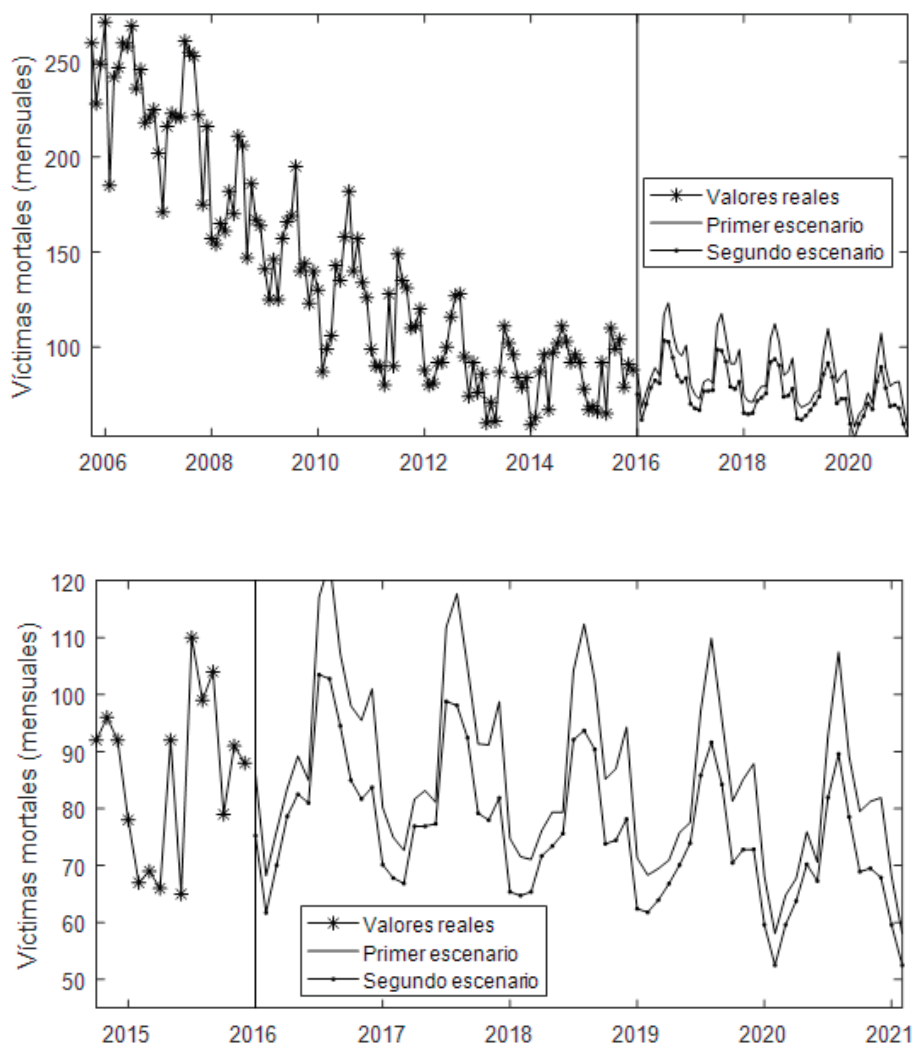


Figura 7. Tendencia de las previsiones a 5 años de la influencia de la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil bajo diferentes escenarios.

Hay que realizar ciertas matizaciones en relación con estas previsiones. A la hora de interpretar adecuadamente las simulaciones ofrecidas, hay que tener en cuenta que su validez está condicionada por la necesaria observación de ciertos supuestos restrictivos.

En primer lugar, como ya se ha comentado, las simulaciones parten de un escenario de referencia en el que la actividad desarrollada por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil se mantiene constante en valores del año 2015 mientras que el segundo escenario considerado estaría midiendo qué pasaría si la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil volviera a contar con los medios disponibles en sus valores máximos del periodo 2005-2015. Por tanto, como resulta obvio, las simulaciones ofrecidas son válidas únicamente para esas condiciones.

En segundo lugar, las previsiones realizadas se formulan considerando que la variable relativa al consumo total nacional de CARBURANTE (gasoil y gasolina) por el sector del transporte, se mantiene en niveles de 2015. Teniendo en cuenta el significado de esta variable, los resultados simulados no estarían incorporando la influencia del ciclo económico y del volumen de desplazamientos por carretera, sobre la seguridad vial, lo que podría alterar significativamente las previsiones ofrecidas.

Tampoco se están tomando en consideración, en tercer lugar, otros imprevisibles cambios más generales que pudieran afectar a la seguridad del tráfico, relacionados con el mantenimiento de las vías, el progreso tecnológico relativo a los vehículos, ni las posibles estrategias legislativas que, en el marco de la política de seguridad vial, pudieran adoptarse en el futuro afectando al comportamiento de los usuarios.

7. PRINCIPALES CONCLUSIONES

Actualmente, el efecto de las actividades de vigilancia y control policial de la legislación de tráfico es objeto de debate e investigación por parte de instituciones y académicos en todo el mundo. En términos generales, la evidencia derivada de estudios recientes pone de manifiesto que una intensificación de la supervisión policial (mediante efectivos humanos o medios automáticos) contribuye a una reducción tanto de los accidentes de tráfico como del nivel y gravedad de las infracciones e incumplimientos de la normativa. Como consecuencia, y teniendo en cuenta que la literatura es unánime al apuntar que una gran parte de los accidentes de tráfico podría evitarse si se limitara el comportamiento infractor de los conductores, las actividades de vigilancia y control policial (en inglés *Traffic Law Enforcement* o supervisión del cumplimiento de las normas de circulación) tienen asignado un papel principal en las políticas de prevención de accidentes a escala internacional.

En este contexto, el objetivo primordial del trabajo contenido en estas páginas ha consistido en investigar el impacto que, en el periodo 2005-2015, han tenido las actividades de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación desarrolladas en España por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil (ATGC) sobre la seguridad vial, medida en términos de víctimas mortales como consecuencia de accidentes de tráfico.

La metodología utilizada para ello se basa en el tratamiento econométrico avanzado de series temporales. Concretamente, se han aplicado modelos macroscópicos de componentes no observables del tipo de función de transferencia de lineal discreta que permiten evaluar el grado de efectividad de las intervenciones de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación en la prevención de la siniestralidad vial, así como aproximarnos a los factores condicionantes de su evolución mediante la estimación directa de componentes no observables con sentido económico tales como la tendencia, el ciclo, el componente estacional y el irregular.

Tomando como variables endógenas las víctimas mortales en vías interurbanas en el territorio bajo la jurisdicción de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil (excluyendo por tanto a País Vasco y Cataluña), y con la finalidad de aislar el impacto efectivo de las variables relacionadas con las actividades de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación, se ha considerado también un amplio conjunto de variables explicativas relacionadas con el ciclo económico y la implementación de otras políticas preventivas desarrolladas durante el periodo objeto de estudio. Este análisis ha permitido no solamente profundizar en la evolución del impacto de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación sino, además, establecer un horizonte de previsiones simuladas para los próximos años, así como avanzar en las consecuencias de dichas actividades de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación sobre el comportamiento de los usuarios a través del volumen de denuncias.

A partir de los resultados derivados de la investigación realizada, se pueden formular las siguientes conclusiones:

- Se constata para el caso de España un indudable efecto positivo de la intensificación de los medios, especialmente humanos y vehículos, de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación sobre la prevención de las consecuencias mortales de los accidentes de tráfico, lo que corrobora la evidencia existente para otros países del entorno.
- Todo ello, subraya el incuestionable desempeño llevado a cabo por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil y la valiosa labor desarrollada en beneficio de la concienciación de los usuarios de las vías, constituyendo un complemento indispensable para alcanzar la plena efectividad de las estrategias implementadas a través de la legislación, como el permiso de conducir por puntos o la reforma del Código Penal.

- Concretamente, se puede afirmar que, un incremento del 10% en el número de efectivos o de vehículos reduce el número de víctimas mortales en un 5,3% en tasa anual, de forma que la evidencia parece ser convincente en el sentido de que la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación juega un papel decisivo en la reducción de las víctimas mortales, de forma directa y rápida.
- Especial mención merece el efecto logrado por los controles de velocidad por radar, que ante un incremento anual de un 10%, han reducido las víctimas mortales por accidente de tráfico en un porcentaje que varía entre el -4,4% y el -3,9% en tasa anual.
- Se aprecia, sin embargo, una elevada sensibilidad de las actividades de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación respecto a la coyuntura económica, de forma que, en épocas de bonanza, cuando los indicadores relativos a los medios disponibles crecen en mayor medida, se registra un efecto notoriamente positivo sobre la seguridad vial. Impacto que, en cambio, se está viendo mermado cuando las recientes dificultades económicas disminuyen la dotación de recursos disponibles.
- Además de los factores considerados explícitamente en el estudio, existen otros elementos determinantes del impacto analizado que se encuentran recogidos de forma agregada en el modelo. Se trata, por ejemplo, de la mayor seguridad en el tráfico por carretera por la mayor seguridad de carreteras, la mejora en la calidad de las mismas, la mejora en la seguridad de los vehículos o el efecto de la publicidad vial, entre otros. Estos factores influyen en la caída tendencial que se observa en los datos durante toda la muestra y que se prolonga en el futuro de acuerdo con las simulaciones establecidas. Las causas de esta caída son, sin lugar a dudas, la combinación de todos estos factores implícita o explícitamente considerados, a los que habría que añadir una mayor concienciación de la población en general sobre los riesgos que entraña la conducción. La actividad de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil contribuye a dicha concienciación, lo que lleva a considerar que las cifras ofrecidas en este documento son medidas conservadoras de los resultados obtenidos por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, si bien, distinguir su contribución específica y separada de los demás factores no es metodológicamente posible.

Un punto importante a considerar al extraer conclusiones de los modelos estimados, es la validez temporal de los resultados. Debido a que se han estimado en un periodo de tiempo en el que las tasas de variación de todas las variables permanecen invariables, hay que tener en cuenta que los modelos podrían ser menos útiles fuera de esos rangos. Además, algunas posibles simulaciones no serían idóneas. Concretamente, se trataría de aquellos casos en los que se analizaría el efecto sobre las víctimas mortales de una variación excesiva de una de las variables exógenas.

Por ejemplo, esta sería la situación de una simulación en la que se pretendieran incrementar los controles de velocidad en una tasa importante (RADAR en los modelos). Seguramente, ese cambio tendría que venir asociado con un incremento de patrullas en las carreteras en una determinada cantidad (EFECTIVOS en los modelos), por lo que el efecto global sería la variación de ambas variables exógenas, multiplicadas por sus correspondientes coeficientes. Es importante señalar que dichos efectos ya están descontados en los resultados ofrecidos, puesto que se reflejan las tasas de variación que efectivamente se han dado durante el periodo de estudio.

Los resultados obtenidos en el estudio contribuyen a plantear cuál sería el nivel óptimo de supervisión y vigilancia capaz de crear un contexto suficiente de disuasión para no incurrir en infracciones de la ley de tráfico. Una parte importante de la literatura previa coincide en la necesidad de contar con una intensidad mínima de vigilancia para conseguir reducciones efectivas del comportamiento infractor de los conductores. Por otro lado, esta situación es limitada, en el sentido de que una elevación considerable de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación puede que no sea socialmente deseable ni económicamente rentable. La cuantía y coste de los recursos necesarios para alcanzar ese elevado nivel de vigilancia puede que no se vean compensados suficientemente por la reducción de la siniestralidad vial dado que, aun logrando una situación de cero infractores, todavía se seguiría registrando una proporción de accidentes de tráfico atribuible a la exposición al riesgo inherente a todo tipo de desplazamiento. Aunque los resultados indican que no parece que estemos cerca de dicho nivel de saturación, es decir, sería eficiente el gasto público dedicado al aumento de efectivos y vehículos en la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil. Más

específicamente, teniendo en cuenta el actual contexto caracterizado por rigideces económicas para la contratación de personal y la adquisición de vehículos, el positivo rendimiento logrado en la reducción de víctimas mortales por la variable Horas, avalaría la aplicación de una política de incremento de horas de servicio que, con los mismos medios, mejore el aprovechamiento de los recursos disponibles. En este sentido, las estimaciones obtenidas en el presente estudio, señalan la capacidad de la variable Horas de servicio prestado, como una respuesta ágil y flexible a corto plazo para adaptar la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación a las necesidades coyunturales sobrevenidas en materia de seguridad vial.

Los resultados indican que no parece que estemos cerca de dicho nivel de saturación, es decir, en estos momentos sería eficiente el gasto público dedicado al aumento de efectivos y vehículos en la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil.

En definitiva, puede establecerse que un nivel óptimo de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación sería aquel que aspire a equiparar el coste marginal de los medios asignados a las actividades de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación con el beneficio marginal de las mismas en términos de la prevención de accidentes y sus consecuencias de mortalidad y morbilidad.

En un contexto en el que debe primar la eficiencia de los recursos empleados, sería recomendable estudiar la viabilidad de las siguientes líneas de actuación:

- Aplicación de intervenciones de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación más intensivas pero concentradas exhaustivamente en el tiempo (efecto "blitz").
- Uso de intervenciones de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación diseñadas específicamente para determinados comportamientos y colectivos considerados como objetivo por su concentración de accidentes.
- Fomento del uso de medios automáticos de detección y vigilancia que complementen la labor imprescindible de los efectivos humanos.
- Intensificación de las campañas de publicidad como complemento de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación e incrementar la efectividad de las actividades dirigidas a la concienciación y a la educación vial.
- Aumento de los recursos humanos y materiales de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil

Finalmente, hay que remarcar la idea de que la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación es una de las piezas del sistema de prevención de accidentes de tráfico, y como tal, debería estar coordinado con un eficiente conjunto de estrategias basadas en soluciones de ingeniería, programas educativos y acervo legislativo-punitivo suficientemente ágil e inmediato que garantice la plena efectividad de las acciones de supervisión y control policial.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Åberg, L. (1998). Traffic rules and traffic safety. *Safety Science*, 29(3), 205-215.
- Albalade, D., Fernández, L., Yarygina, A. (2013). The road against fatalities: Infrastructure spending vs. regulation?? *Accident Analysis and Prevention* 59, 227-239.
- Alcañiz, M., Guillén, M., Santolino, M., Sánchez-Moscona, D., Llatje, O., Ramon, L. (2014). Prevalence of alcohol-impaired drivers based on random breath tests in a roadside survey in Catalonia (Spain). *Accident Analysis and Prevention*, 65, 131-141.
- Aparicio Izquierdo, F., Arenas Ramírez, B., Mira McWilliams, J.M., Páez Ayuso, J. (2011). The endurance of the effects of the penalty point system in Spain three years after. Main influencing factors. *Accident Analysis and Prevention* 43, 911-922.
- 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. *Research in Transportation Economics* 37, 57-65.
- Ayuso, M., Guillén, M., Alcañiz, M. (2010). The impact of traffic violations on the estimated cost of traffic accidents with victims. *Accident Analysis and Prevention*, 42(2), 709-717.
- Bates, L., Soole, D., Watson, B. (2012). The effectiveness of traffic policing in reducing traffic crashes. In *Policing and Security in Practice* (pp. 90-109). Palgrave Macmillan UK.
- Barrio, G., Pulido, J., Bravo, M.J., Lardelli-Claret, P., Jiménez-Mejías, E., de la Fuente, L. (2015). An example of the usefulness of joinpoint trend analysis for assessing changes in traffic safety policies. *Accident Analysis and Prevention* 75, 292-297.
- Benedettini, S., Nicita, A. (2012). The costs of avoiding accidents: Selective compliance and the 'Peltzman effect' in Italy. *International Review of Law and Economics*, 32(2), 256-270.
- Bishai, D., Asiimwe, B., Abbas, S., Hyder, A.A., Bezeyo, W. (2008). Coste-effectiveness of traffic enforcement: case study from Uganda. *Injury Prevention*, 14, 223-227.
- Bjørnskau, T., Elvik, R. (1992). Can road traffic law enforcement permanently reduce the number of accidents? *Accident Analysis and Prevention*, 24, 507-520.
- Blais, E., Carnis, L. (2015). Improving the safety effect of speed camer programs through innovations: Evidence from the French experience. *Journal of Safety Research*, 55, 135-145.
- Box, G.E.P., Jenkins, G.M., and Reinsel, G.C., Ljung, G.M. (2016), *Time Series Analysis, Forecasting and Control*, Fifth Edition, Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey.
- Butler, J.S., Burke, J.P., Healy, D.G., Stephens, M.M., McManus, F., McCormack, D. (2006). Trends in RTA related spinal injuries: The post penalty points era. *Irish Journal of Medical Science*, 175, 20-23.
- Castillo-Manzano, Castro-Nuño, M., Pedregal, D.J (2010). An econometric analysis of the effects of the penalty points system driver's license in Spain. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 1310-1319.
- Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., Pedregal, D. J. (2011). Can fear of going to jail reduce the number of road fatalities? The Spanish experience. *Journal of Safety Research*, 42(3), 223-228.

Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., Pedregal, D. J. (2012). How many lives can bloody and shocking road safety advertising save? The case of Spain. *Transportation research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 15(2), 174-187.

Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., Fageda, X. (2014a). Could being in the European Union save lives? An econometric analysis of the Common Road Safety Policy for the EU-27. *Journal of European Public Policy*, 21(2), 211-229.

Castillo-Manzano J.I., Castro-Nuño, M., Pedregal, D. J. (2014b) The trend towards convergence in road accident fatality rates in Europe: The contributions of non-economic variables. *Transport Policy* 35, pages 229-240.

Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., Fageda, X. (2015). Are traffic violators criminals? Searching for answers in the experiences of European countries. *Transport Policy*, 38, 86-94.

Chen, G., Meckle, W., Wilson, J., (2002). Speed and safety effect of photo radar enforcement on a highway corridor in British Columbia. *Accident Analysis and Prevention*, 34, 129-138.

Comisión Europea (2008). Commission Staff Working Document accompanying the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council facilitating cross-border enforcement in the field of road safety. Brussels, SEC (2008) 351/2.

Dadashova, B., Blanca Arenas-Ramírez, B., José Mira-McWilliams, J., Francisco Aparicio-Izquierdo, F. (2016). Methodological development for selection of significant predictors explaining fatal road accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 90, 82-94.

DeAngelo, G., Hansen, B. (2008). Life and Death in the Fast Lane: Police Enforcement and Roadway Safety. Unpublished manuscript, Department of Economics, UC Santa Barbara, Santa Barbara, CA. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.318.862&rep=rep1&type=pdf>.

De Paola, M., Scoppa, V., Falcone, M. (2012). The deterrent effects of the penalty points system for driving offences: a regression discontinuity approach. *Empirical Economics*. DOI 10.1007/s00181-012-0642-9.

De Pauw, E., Daniels, S., Brijs, T., Hermans, E., Wets, G. (2014). Automated section speed control on motorways: An evaluation of the effect on driving speed. *Accident Analysis and Prevention*, 73, 313-322.

de Waard, D., Rooijers, T. (1994). An experimental study to evaluate the effectiveness of different methods and intensities of law enforcement on driving speed on motorways. *Accident Analysis and Prevention*, 26(6), 751-765.

Dirección General de Tráfico. Observatorio Nacional de Seguridad Vial (2010). El impacto sobre la seguridad vial de la vigilancia y control de la normativa de tráfico. Disponible en: <http://www.psicotrasvi.es/app/download/21389614/EL+IMPACTO+SOBRE+LA+SEGURIDAD+VIAL.pdf>.

Eichelberger, A. H., McCartt, A. T. (2016). Impaired driving enforcement practices among state and local law enforcement agencies in the United States. *Journal of Safety Research*, 58, 41-47.

Elliott, M. A., Broughton, J. (2005). How methods and levels of policing affect road casualty rates. Transport Research Laboratory (TRL). London, UK.

Elvik, R., Vaa, T. (2006). El manual de medidas de seguridad vial. Fundación Instituto Tecnológico para Seguridad del Automóvil. Madrid.

Elvik, R., Vallet Sogge, C., Lager, L., Amundsen, F. H., Tanum Pasnin, L., Karlsen, R., Fosli, K. (2012). Assessing the efficiency of priorities for traffic law enforcement in Norway. *Accident Analysis and Prevention*, 47, 146-152.

Erke, A., Goldenbeld, C., Vaa, T. (2008). PEPPER Deliverable 9. Good practice in the selected key areas: Speeding, drink driving and seat belt wearing: Results from meta-analysis. European Commission. Brussels. Disponible en: http://www.vtt.fi/files/sites/pepper/pepper_d9_wp4.pdf.

Erke, A., Goldenbeld, C., Vaa, T. (2009). Good practice in the selected key areas: Speeding, drink driving and seat belt wearing: Results from meta-analysis. Police Enforcement Policy and Programmes on European Roads (PEPPER), Deliverable, 9. European Commission. Brussels. Disponible en: http://www.vtt.fi/files/sites/pepper/pepper_d9_wp4.pdf.

ETSC (European Transport Safety Council) (1999). Police Enforcement Strategies to Reduce Traffic Casualties in Europe. Brussels.

ETSC (European Transport Safety Council). (2011). Traffic Law Enforcement across the EU Tackling the Three Main Killers on Europe's Roads. Brussels. Disponible en: http://archive.etsc.eu/documents/Final_Traffic_Law_Enforcement_in_the_EU.pdf.

ETSC (European Transport Safety Council) (2016). Ranking EU progress on road safety 10th Road Safety Performance Index Report. Brussels. Disponible en: <http://etsc.eu/10th-annual-road-safety-performance-index-pin-report/>.

European Commission (EC) (2001) 'European transport policy for 2010: time to decide', White Paper', COM (2001) 370, Brussels.

European Commission (EC) (2003) 'Halving the number of road crash victims in the EU by 2010: a shared responsibility', Communication from the Commission COM (2003) 311 Final, Brussels.

Factor, R. (2014). The effect of traffic tickets on road traffic crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 64, 86-91.

Farchi, S., Chini, F., Rossi, P. G., Camilloni, L., Borgia, P., Guasticchi, G. (2007). Evaluation of the health effects of the new driving penalty point system in the Lazio Region, Italy, 2001-4. *Injury Prevention*, 13, 60-64.

Fell J.C., Voas R.B. (2006). The effectiveness of reducing illegal blood alcohol concentration (BAC) limits for driving: evidence for lowering the limit to .05 BAC. *Journal of Safety Research*, 37, 233-243.

Fell, J. C., Waehrer, G., Voas, R. B., Auld-Owens A., Carr, K., Pell, K., (2014). Effects of enforcement intensity on alcohol impaired driving crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 73, 181-186.

Fell, J. C., Waehrer, G., Voas, R. B., Auld Owens, A., Carr, K., Pell, K. (2015). Relationship of Impaired Driving Enforcement Intensity to Drinking and Driving on the Roads. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 39(1), 84-92.

García-Ferrer, A., De Juan, A., Poncela, P. (2007). The relationship between road traffic accidents and real economic activity in Spain: common cycles and health issues. *Health Economics*, 16, 603-626.

Goldenbeld, Ch., Schagen, I.N.L.G van (2005). The effects of speed enforcement with mobile radar on speed and accidents. An evaluation study on rural roads in the Dutch province Friesland. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 6, 1135-1144.

Gómez, V. and Maravall, A. (2000). "Seasonal Adjustment and Signal Extraction in Economic Time Series", en Peña D., Tiao G. C. y Tsay, R. S. (eds.). *A Course in Advanced Time Series Analysis*, New York: J. Wiley and Sons.

Hakkert, A.S., Gitelman, V., Cohen, A., Doveh, E., Umansky, T. (2001). The evaluation of effects on driver behavior and accidents of concentrated general enforcement on interurban roads in Israel. *Accident Analysis and Prevention*, 33, 43-63.

Høyve, A. (2015). Safety effects of fixed speed cameras- An empirical Bayes evaluation. *Accident Analysis and Prevention*, 82, 263-269.

- Kallberg, V. P., Zaidel, D., Vaa, T., Malenstein, J., Siren, A., Gaitanidou, E. (2008). Police Enforcement Policy and Programmes on European Roads (PEPPER). Deliverable 17: Final Report. European Commission. Brussels. Disponible en: http://www.pepper-eu.org/docs/pepper_documents/PEPPER_Final_Report_20081014.pdf.
- Kanaan, A., Huertas, P., Santiago, A., Sánchez, J.A., Martínez, P. (2009). Incidence of different health factors and their influence on traffic accidents in the province of Madrid, Spain. *Legal Medicine*, 11, S333-S336.
- Larsen, L., Vavakos, V., Zaidel, D. (2008). Comparison and analysis of traffic enforcement chains across EU Member States and in relation to EU policies. Disponible en: http://www.vtt.fi/files/sites/pepper/docs/pepper_d6_wp1.pdf.
- Li, H., Graham, D. J., Majumdar, A., (2013). The impacts of speed cameras on road accidents: An application of propensity score matching methods. *Accident Analysis and Prevention*, 60, 148-157.
- López-Ruiz, M., Martínez, J.M., Pérez, K., Novoa, A.M., Tobías, A., Benavides, F.G. (2014). Impact of road safety interventions on traffic-related occupational injuries in Spain, 2004–2010. *Accident Analysis and Prevention* 66, 114–119.
- Lu, F., Zhang, J., Perloff, J. M. (2016) General and specific information in deterring traffic violations: Evidence from a randomized experiment. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 123, 97-107.
- Mäkinen, T., Zaidel, D. M., Andersson, G., Biecheler-Fretel, M. B., Christ, R., Cauzard, J. P., Nilsson, G. (2003). Traffic enforcement in Europe: effects, measures, needs and future. Final report of the ESCAPE (Enhanced Safety Coming from Appropriate Police Enforcement) consortium. Disponible en: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/escape/escape_d10.pdf.
- Mehmood, A. (2010). An integrated approach to evaluate policies for controlling traffic law violations. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 427-436.
- Mohammed, S.O., Labuschagne, F.J.J. (2008). Can Draconian Law Enforcement Solve The South African Road Safety Crisis? Pretoria: Infrastructure Systems and Operations, Built Environment, CSIR.
- Moreira Roberto, P. (2015). The reduction of the traffic accidents in Spain. Legislative changes and effort of surveillance. *Carreteras*, 4, 42-49.
- Mujahed, J. (2015). Law enforcement role in reducing road crashes. *Journal of Local and Global Health Science: Vol. 2015, ITMA Conference 2015*, 90.
- Novoa, A.M. (2010). Effectiveness of Road Safety Interventions in Spain. Tesis Doctoral. Universitat Pompeu Fabra.
- Novoa, A.M., Pérez, K., Santamarina-Rubio, E., Marí-Dell'Olmo, M., Ferrando, J., Peiró, R., Tobías, A., Zori, P., Borrell, C. (2010a). Impact of the penalty points system on road traffic injuries in Spain: A time-series study. *American Journal of Public Health*, 100, 2220-2227.
- Novoa, A.M., Perez, K., Santamarina-Rubio, E., Mari-Dell'Olmo, M., Tobias, A., (2010b). Effectiveness of speed enforcement through fixed speed cameras: a time series study. *Injury Prevention*, 16, 12-16.
- Novoa, A.M., Pérez, K., Santamariña-Rubio, E., Borrell, C. (2011a). Effect on road traffic injuries of criminalizing road traffic offences: A time-series study. *Bulletin of the World Health Organization*, 89, 422-431.
- Novoa, A.M., Pérez, K., Santamariña-Rubio, E., Marí-Dell'Olmo, M., Rogelio Cozar, R., Ferrando, J., Peiró, R., Tobías, A., Zori, P., Borrell, C. (2011b). Road safety in the political agenda: the impact on road traffic injuries. *Journal of Epidemiology Community Health*, 65, 218-225.

- Newstead, S. V., Cameron, M. H., Leggett, L. M. W. (2001). The crash reduction effectiveness of a network-wide traffic police deployment system. *Accident Analysis and Prevention*, 33(3), 393-406.
- Olaussen Ryeng, E. (2012). The effect of sanctions and police enforcement on driver's choice of speed. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 446-454.
- Observatorio Nacional de Seguridad Vial (2010). El impacto sobre la seguridad vial de la vigilancia y control de la normativa de Tráfico. Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior. Madrid. España.
- Peltzman, S. (1975). The effects of automobile safety regulation. *The Journal of Political Economy*, 83(4), 677-725.
- Pilkington, P., Kinra, S. (2005) effectiveness of speed cameras in preventing road traffic collisions and related casualties: systematic review. *British Medical Journal*, 330, 331-334.
- Polders, E., Cornu, J., De Ceunynck, T., Daniels, S., Brijs, K., Brijs, T., Hermans, E., Wets, G. (2015). Drivers' behavioral responses to combined speed and red light cameras. *Accident Analysis and Prevention*, 81, 153-166.
- Porter, B. E., Johnson, K. L., Bland, J. F. (2013). Turning off the cameras: Red light running characteristics and rates after photo enforcement legislation expired. *Accident Analysis and Prevention*, 50, 1104-1111.
- Pulido, J., Lardelli, P., De La Fuente, L., Flores, V.M., Vallejo, F., Regidor, E. (2010). Impact of the demerit point system on road traffic accident mortality in Spain. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 64, 274-276.
- Pulugurtha, S., Otturu, R. (2014). Effectiveness of red light running camera enforcement program in reducing crashes: Evaluation using "before the installation", "after the installation", and "after the termination" data. *Accident Analysis and Prevention*, 64, 9-17.
- Redelmeier, D. A., Tibshirani, R. J., Evans, L. (2003). Traffic-law enforcement and risk of death from motor-vehicle crashes: case-crossover study. *The Lancet*, 361(9376), 2177-2182.
- Sanem, J. R., Erickson, D. J., Rutledge, P. C., Lenk, K. M., Nelson, T. F., Jones-Webb, R., Toomey, T. L. (2015). Association between alcohol-impaired driving enforcement-related strategies and alcohol-impaired driving. *Accident Analysis and Prevention*, 78, 104-109.
- Scott, A. (2010). The effect of Police Enforcement on Road Traffic Accidents. Edinburgh University.
- Shim, J., Park, S. H., Chung, S., Jang, K. (2015). Enforcement avoidance behavior near automated speed enforcement areas in Korean expressways. *Accident Analysis and Prevention*, 80, 57-66.
- Soole, D. W., Watson, B. C., Fleiter, J. J. (2013). Effects of average speed enforcement on speed compliance and crashes: A review of the literature. *Accident Analysis and Prevention*, 54, 46-56.
- Stanojević, P., Jovanović, D., Lajunen, T. (2013). Influence of traffic enforcement on the attitudes and behavior of drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 52, 29-38.
- SWOV (2016). Police Traffic Enforcement Fact Sheet. Institute for road traffic research. The Netherlands. Disponible en:
https://www.swov.nl/rapport/Factsheets/UK/FS_Police_traffic_enforcement.pdf.
- Tay, R. (2005). General and specific deterrence effects of traffic enforcement. Do we have to catch offenders to reduce crashes? *Journal of Transport Economics and Policy*, 39, 209-223.
- Tay, R. (2010). Speed cameras improving safety or raising revenue? *Journal of Transport Economics and Policy*, 11, 247-257.
- Tay, R., De Barros, A. (2011). Should traffic enforcement be unpredictable? The case of red light cameras in Edmonton. *Accident Analysis and Prevention*, 43(3), 955-961.

- Tomas Dols, S., Álvarez González, F.J., Llorens Aleixandre, N., Vidal-Infer, A., Torrijo Rodrigo, M.J., Valderrama-Zurián, J.C. (2010). Predictors of driving after alcohol and drug use among adolescents in Valencia (Spain). *Accident Analysis and Prevention*, 42, 2024-2029.
- Vanlaar, W., Robertson, R., Marcoux, K. (2014). An evaluation of Winnipeg's photo enforcement safety program: Results of time series analyses and an intersection camera experiment. *Accident Analysis and Prevention*, 62, 238-247.
- Vereeck, L., Vrolix, K. (2007). The social willingness to comply with the law: The effect of social attitudes on traffic fatalities. *International Review of Law and Economics*, 27, 385-408.
- Villalbí, J. R., Pérez, C. (2006). Evaluación de políticas regulatorias: prevención de las lesiones por accidentes de tráfico. *Gaceta Sanitaria*, 20, 79-87.
- Wegman, F.C.M. (1992). Legislation, regulation and enforcement to improve road safety in developing countries. Contribution to the World Bank Seminar on Road Safety, Washington.
- Welki, A. M., Zlatoper, T. J., (2007). The impact of highway safety regulation enforcement activities on motor vehicle fatalities. *Transportation Research Part E* 43, 208-217.
- WHO (World Health Organization) (2015). Global status report on road safety. Switzerland. Disponible en: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/.
- Yannis, G., Papadimitriou, E., Antoniou, C. (2007). Multilevel modelling for the regional effect of enforcement on road accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 39(4), 818-825.
- Yannis, G., Papadimitriou, E., Antoniou, C. (2008). Impact of enforcement on traffic accidents and fatalities: A multivariate multilevel analysis. *Safety Science*, 46(5), 738-750.
- Zaal, D. (1994). Traffic law enforcement: A review of the literature. Monash University accident research centre. Report Document no. 53. Australia.
- Zaidel, D.M. (2002). The impact of enforcement on accidents. ESCAPE Project. Deliverable 3. Technical Research Centre of Finland (VTT). Finland. Disponible en: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/escape/escape_d3.pdf.
- Zaragoza A., De la Peña E. (2008). The effect of the penalty point system. *Revista de Obras Públicas*, 3488, 47-56.

APÉNDICE: ESTIMACIÓN ECONOMÉTRICA DEL IMPACTO SOBRE LA SEGURIDAD VIAL DE LA ACTIVIDAD DE LA SUPERVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CIRCULACIÓN DE LA Agrupación de Tráfico DE LA GUARDIA CIVIL EN RELACIÓN CON EL CUMPLIMIENTO DE LA LEY

De acuerdo con el esquema de funcionamiento de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación recogido en la Figura 1, puede observarse que el nivel de cumplimiento de la normativa de seguridad vial por parte de los conductores está indudablemente influenciado por la intensidad con la que las autoridades del tráfico (en nuestro caso la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil), desempeñan sus actividades de supervisión y vigilancia; de forma que, en cierta medida, puede afirmarse que ese grado de cumplimiento con la ley (o “*compliance*” en inglés) puede llegar a ser un reflejo del desarrollo de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación .

Por lo que, una vez cumplidos los objetivos del estudio, los resultados obtenidos se complementan en este Apéndice, presentando unas estimaciones, que relacionan el modelo utilizado para determinar la contribución de las actividades de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación desarrolladas por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, con el grado de cumplimiento de la normativa por parte de los usuarios de la vía.

Para obtener las nuevas estimaciones, se procede siguiendo el mismo enfoque de la sección 3.2 para estimar funciones de transferencia, si bien ahora se aborda la relación entre la siniestralidad vial y el grado de cumplimiento de la ley. Para ello, se introduce un modelo en el que las variables exógenas son las que hemos venido empleando a lo largo del trabajo y relacionadas con los recursos de los que dispone la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil para llevar a cabo las labores genéricas de vigilancia (EFECTIVOS, VEHÍCULOS, HORAS y KM). Si bien, ahora, se incorpora una variable que captura el grado de cumplimiento de la normativa de tráfico, mediante el número total de denuncias registradas en general por la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil (variable DENUNCIAS). Esta variable es continua y se define como el número total de denuncias registradas por la actividad de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil y tiene una frecuencia mensual de 2005 a 2015. En la figura A.1 se recoge la evolución de la variable DENUNCIAS en este periodo temporal mientras que sus tasas de variación se pueden observar en la Tabla A.1.

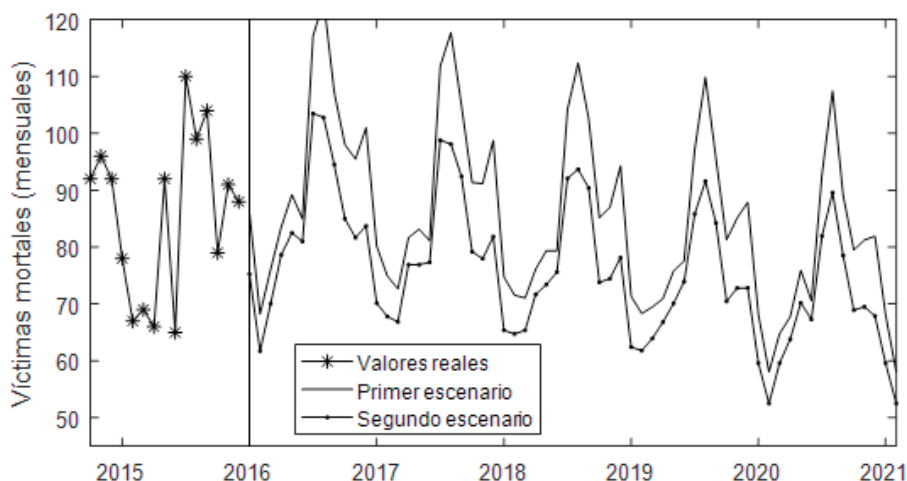


Figura A.1. Evolución de la variable DENUNCIAS

Año	Tasa (%) DENUNCIAS
2006	16,9
2007	-9,6
2008	11,2
2009	4,7
2010	-18,9
2011	25,7
2012	8,5
2013	4,3
2014	-2,0
2015	-8,7

Tabla A.1. Tasas de variación de la variable DENUNCIAS

Los resultados obtenidos para la detección de atípicos mediante modelos univariantes de acuerdo con la sección 3.3. se incluyen en la Tabla A.2, que, como puede observarse, sirve de complemento a la Tabla 6 del estudio, añadiendo la columna correspondiente a la nueva variable DENUNCIAS.

	KM	VEHÍCULOS	EFFECTIVOS	HORAS	DENUNCIAS	CARBURANTE
Diferencias	d=1 D=1	d=1 D=1	d=1 D=1	d=1 D=1	d=1 D=1	d=1 D=0
MA(1) (θ_1)	-0,600		-0,489	-0,507	-0,135	
MA(2) (θ_2)		-0,463				
MA(12) (Θ_1)	-0,521	-0,465	-0,461	-0,473	-0,571	-0,354
AR(1) (ϕ_1)		0,468				0,787
AR(2) (ϕ_2)	0,196		0,241	0,236		0,457
AR(12) (Φ_1)						-0,891
PASCUA	-0,066	-0,068	-0,073	-0,069	-0,124	
Mayo10 (AO)						
Mayo10 (LS)	-0,211					
Junio10 (TC)					-0,503	
Den Junio10					0,721	
Dic10 (LS)		-0,092	-0,093	-0,094		
Feb11 (LS)						
Abril05 (LS)					-0,286	
Q(4)	1,19	0,54	1,10	0,98	1,20	3,36
Q(12)	7,19	5,39	8,83	7,64	9,37	11,63
Q(24)	10,94	14,63	18,07	16,29	21,78	16,45
KSL	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07

(P-valor)	(0,50)	(0,38)	(0,50)	(0,59)	(0,53)	(0,12)
Heterosced.	0,92	0,97	0,97	0,99	0,89	0,78
(P-valor)	(0,84)	(0,93)	(0,92)	(0,97)	(0,73)	(0,47)

Tabla A.2. Resultados de estimación univariante de variables continuas del modelo. Todos los coeficientes que aparecen en los modelos son significativos a un nivel del 1%. MA(1), MA(2), etc. indican los órdenes y tipo de coeficientes del modelo ARIMA del ruido. Q(p) es el test Q de Ljung y Box de autocorrelación para p retardos bajo la hipótesis nula de independencia. KSL es el estadístico Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors bajo la hipótesis de normalidad (la probabilidad en la cola se indica entre paréntesis). H es un test de ratio de varianzas bajo la hipótesis de igualdad, basado en la comparación de la varianza del primer tercio de la muestra con el último tercio (la probabilidad en la cola se muestra entre paréntesis)..

De la observación de la Tabla A.1, y centrando el análisis en la variable DENUNCIAS, se desprenden una serie de comentarios que sirven para completar los comentarios realizados a lo largo del estudio. En primer lugar, la serie de esta nueva variable presenta problemas de atípicos similares a los de las demás variables relacionadas con la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, en particular el efecto Pascua. En segundo lugar, se dan perturbaciones también durante el año 2010, que en este caso son de tipo transitorio (transitorio amortiguado o, con su acrónimo en inglés, TC). Finalmente, se detecta por medios estadísticos un escalón en Abril de 2005.

Todos los modelos univariantes son correctos desde un punto de vista estadístico, en el sentido de que los residuos no presentan problemas de autocorrelación, normalidad y heterocedasticidad, medidos por los estadísticos Q de Ljung-Box, KSL y H.

Por lo que respecta a las estimaciones obtenidas tras aplicar las funciones de transferencia, en la Tabla A.3. se recogen los resultados correspondientes, añadiendo la nueva variable DENUNCIAS.

	ATGC = KM	ATGC = VEHÍCULOS	ATGC = EFECTIVOS	ATGC = HORAS
ATGC	-53,840***	-71,161***	-70,721***	-70,140***
DENUNCIAS	-20,756**	-17,883**	-17,686**	-15,180**
CONSTANTE	-13,401***	-13,018***	-13,043***	-13,430***
LABORABLE	-0,964**	-0,933**	-0,936**	-0,930**
VELOCIDAD	-15,361**	-15,517**	-16,758**	-15,602**
C. PENAL (NOV2007)	-38,362**	-36,920**	-36,590**	-36,625**
C. PENAL (DIC2007)	-41,342***	-38,959***	-37,445***	-36,894***
PUNTOS	-31,522***	-29,849***	-29,862***	-31,004***
Denominador	-0,821***	-0,858***	-0,862***	-0,817***
ENERO2006	46,778***	43,326***	43,860***	44,644***
CARBURANTE	31,599**	35,776**	35,967*	30,227**
MA(12)	-0,628***	-0,629***	-0,622***	-0,622***
Q(4)	5,53	2,16	1,67	2,26
Q(12)	13,49	8,11	7,59	7,87
Q(24)	17,40	11,69	10,88	11,11
KSL	0,04 (0,58)	0,05 (0,58)	0,04 (0,61)	0,04 (0,69)
H	0,94 (0,85)	0,96 (0,89)	0,95 (0,88)	0,95 (0,87)
AIC (Akaike)	5.71	5.68	5.67	5.68

SBC (Swartz)	5.99	5.96	5.95	5.96
R2 ajustado	0.93	0.93	0.94	0.93
Varianza residual	246.02	240.23	236.95	240.62

Tabla A.3. La actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil y el cumplimiento de la ley. Resultados adicionales de la estimación de funciones de transferencia. En cada columna la variable genérica ATGC es la variable que se indica en la cabecera. Uno, dos y tres asteriscos indican significación de los parámetros al 10%, 5% y 1% de significación, respectivamente

El aspecto más relevante de esta Tabla, está vinculado a los coeficientes referidos a las variables exógenas que reflejan la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación genérica de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil y al cumplimiento de la ley. Respecto a las primeras, de nuevo tiene más efecto en la reducción de la siniestralidad vial, la vigilancia a través de Vehículos y Efectivos⁷, casi equiparados con el número de Horas, y tiene un efecto menor el número de Kilómetros recorridos. En relación con el cumplimiento de la ley, se puede decir que un aumento de un 10% en el número de Denuncias totales, reduce el número de víctimas mortales entre un -2,1% y un -1,5% en tasa anual.

En relación con el cumplimiento de la ley, se puede decir que un aumento de un 10% en el número de denuncias totales, reduce el número de víctimas mortales entre un -2,1% y un -1,5% en tasa anual.

⁷ De nuevo, el modelo ATGC=Efectivos es el mejor modelo pues cuenta con el mayor valor de R2 ajustado y el menor valor para la varianza residual.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Recomendaciones generales del ETSC para reforzar el papel de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación en la UE.	12
Tabla 2. Principales recomendaciones del ETSC para reforzar el papel de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación en la UE, en materias concretas	14
Tabla 3. Variables exógenas o explicativas del modelo	19
Tabla 4. Tasas de variación de variables exógenas relacionadas con la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil	21
Tabla 5. Resultados de estimación univariante de variables continuas del modelo.	25
Tabla 6. La actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil. Resultados de la estimación de funciones de transferencia.	27
Tabla 7. Influencia de la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil (basada en el número de efectivos) en el número de víctimas mortales en accidentes de tráfico y sus tasas de variación	30
Tabla 8. Previsiones a 5 años de la influencia de la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de tráfico de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil	31
Tabla A.1. Tasas de variación de la variable DENUNCIAS	43
Tabla A.2. Resultados de estimación univariante de variables continuas del modelo.	44
Tabla A.3. La actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil y el cumplimiento de la ley. Resultados adicionales de la estimación de funciones de transferencia	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripción del proceso de vigilancia, supervisión y control de la normativa de tráfico	6
Figura 2. Víctimas mortales (mensuales) en accidentes de tráfico en territorio español (excluyendo País Vasco y Cataluña)	18
Figura 3. Evolución de las variables relacionadas con la actividad de supervisión del cumplimiento de las normas de circulación específicas de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil	20
Figura 4. Evolución de las variables relacionadas con la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación genéricas de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil	21
Figura 5. Tipos de variables de intervención	23
Figura 6. Víctimas mortales en accidentes de tráfico y controles de drogas	29
Figura 7. Tendencia de las previsiones a 5 años de la influencia de la actividad de la supervisión del cumplimiento de las normas de circulación de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil bajo diferentes escenarios	32
Figura A.1. Evolución de la variable DENUNCIAS	42

Fundación **MAPFRE**

www.fundacionmapfre.org
Pº Recoletos, 23
28004 Madrid