







© 2021 Naciones Unidas  
Derechos reservados en todo el mundo

Las solicitudes para reproducir extractos o fotocopiar deben dirigirse al Copyright Clearance Center en [copyright.com](http://copyright.com).

Todas las demás consultas sobre derechos y licencias, incluidos los derechos subsidiarios, se deben dirigir a: Publicaciones de las Naciones Unidas, 405 East 42nd St, S-09FW001, New York, NY 10017, Estados Unidos de América. Correo electrónico: [permissions@un.org](mailto:permissions@un.org); sitio web: <https://shop.un.org>.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida, almacenada en un sistema de recuperación de información o transmitida de manera alguna ni por ningún medio, electrónico, electrostático, mecánico, de grabación magnética, de fotocopia o de otra índole, con fines de venta, sin el permiso previo por escrito de las Naciones Unidas.

Publicación de las Naciones Unidas editada por la Comisión Económica para Europa.

ECE/TRANS/306

PUBLICACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS

---

## Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas

La Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) es una de las cinco comisiones regionales de las Naciones Unidas administradas por el Consejo Económico y Social (ECOSOC). Fue creada en 1947 con el mandato de ayudar a reconstruir la Europa de la posguerra, desarrollar la actividad económica y fortalecer las relaciones económicas entre los países europeos, y entre Europa y el resto del mundo. Durante la Guerra Fría, la CEPE fue un foro excepcional para la cooperación y el diálogo sobre asuntos económicos entre Oriente y Occidente. Pese a la complejidad de ese período, se consiguieron logros importantes, alcanzándose un consenso respecto de numerosos acuerdos de armonización y normalización.

Tras el término de la Guerra Fría, la CEPE no solo experimentó un aumento notable del número de sus Estados miembros, sino que también adquirió nuevas funciones. Desde el comienzo de los años noventa, la organización se ha centrado en ayudar a los países de Europa Central y Oriental, el Cáucaso y Asia Central a efectuar el proceso de transición y a integrarse en la economía mundial.

En la actualidad, la CEPE apoya a sus 56 Estados miembros de Europa, Asia Central y América del Norte en la aplicación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, con sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La CEPE ofrece una plataforma multilateral para el diálogo sobre las políticas, la elaboración de instrumentos jurídicos, normas y patrones internacionales, el intercambio de las mejores prácticas y de conocimientos técnicos y económicos, y la cooperación técnica en apoyo de los países con economías en transición.

Con sus herramientas prácticas que ayudan a mejorar la vida cotidiana de las personas en aspectos relacionados con el medio ambiente, el transporte, el comercio, las estadísticas, la energía, la silvicultura, la vivienda y la ordenación del territorio, muchos de los instrumentos jurídicos, normas y patrones elaborados por la CEPE se utilizan en todo el mundo; también participan en los trabajos de la Comisión varios países de fuera de la región.

La labor multisectorial de la CEPE ayuda a los países a afrontar los retos interconectados del desarrollo sostenible de manera integrada, con un enfoque transfronterizo que facilita la búsqueda de soluciones a los problemas compartidos. Con su poder de convocatoria sin igual, la CEPE promueve la cooperación entre todos los interesados a nivel nacional y regional.

## El transporte en la Comisión Económica para Europa

La División de Transporte Sostenible de la CEPE actúa como secretaria del Comité de Transportes Interiores (CTI) y del Comité de Expertos en Transporte de Mercancías Peligrosas y en el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos del ECOSOC. El CTI y sus 17 grupos de trabajo, al igual que el Comité del ECOSOC y sus subcomités, son órganos decisorios intergubernamentales que trabajan para mejorar la vida cotidiana de las personas y las empresas de todo el mundo, de forma cuantificable y con medidas concretas, mediante la mejora de la seguridad del tráfico, el desempeño ambiental, la eficiencia energética y la competitividad del sector del transporte.

El CTI es un foro intergubernamental singular que se creó en 1947 para prestar asistencia en la reconstrucción de las conexiones de transporte en la Europa de la posguerra. Con el paso de los años, se ha ido especializando en el desarrollo sostenible y armonizado de todos los modos de transporte interior. Los principales resultados de ese trabajo realizado con perseverancia y continuidad se reflejan, entre otras cosas, en: i) 58 convenios de las Naciones Unidas y un número mucho mayor de reglamentos técnicos, que se actualizan periódicamente y constituyen un marco jurídico internacional para el desarrollo sostenible del transporte nacional e internacional por carretera, ferroviario, fluvial e intermodal, incluido el transporte de mercancías peligrosas, así como para la construcción e inspección de vehículos dedicados al transporte por carretera; ii) los proyectos de la Autopista Transeuropea Norte-Sur, el Ferrocarril Transeuropeo y las Conexiones de Transporte entre Asia y Europa, que facilitan la coordinación multinacional de los programas de inversión en infraestructuras de transporte; iii) el sistema TIR, que ofrece una solución global para la facilitación del tránsito aduanero; iv) la herramienta denominada Futuros Sistemas de Transporte Interior (ForFITS), que puede ayudar a los gobiernos nacionales y locales a vigilar las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de los modos de transporte interior y a seleccionar y elaborar políticas de mitigación del cambio climático basadas en sus efectos y adaptadas a las condiciones locales; v) las estadísticas de transporte —métodos y datos— que se acuerdan a nivel internacional; vi) estudios e informes que contribuyen al desarrollo de las políticas de transporte abordando cuestiones de actualidad sobre la base de los análisis e investigaciones más recientes. El CTI también dedica una atención especial a los servicios de transporte inteligentes, la movilidad urbana sostenible y la logística de las ciudades, así como al aumento de la capacidad de resistencia de las redes y los servicios de transporte en respuesta a la adaptación al cambio climático y los retos en materia de seguridad.

La División de Transporte Sostenible y la División de Medio Ambiente de la CEPE, junto con la Oficina en Europa de la Organización Mundial de la Salud (OMS), prestan conjuntamente servicios al Programa Paneuropeo de Transporte, Salud y Medio Ambiente. Desde 2015, la División de Transporte Sostenible de la CEPE presta servicios de secretaria para el Enviado Especial del Secretario General para la Seguridad Vial, Jean Todt y, desde 2018, para el Fondo Fiduciario para la Seguridad Vial.

El Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos (WP.29) de la CEPE es la instancia mundial de reglamentación en la que interactúan los interesados pertinentes de todo el mundo. Tres Acuerdos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos a motor, aprobados en 1958, 1997 y 1998, ofrecen un marco jurídico que permite a las partes contratantes establecer instrumentos normativos armonizados a nivel internacional para la certificación de los vehículos de motor, sus piezas y equipos, y normas para la inspección técnica de los vehículos en servicio. El marco reglamentario elaborado por el Foro Mundial facilita la introducción masiva en el mercado de las tecnologías automovilísticas más innovadoras, mejorando también continuamente la seguridad de los vehículos, su eficiencia energética y su desempeño ambiental a nivel mundial.

## Prefacio

La existencia de sistemas de transporte interior bien desarrollados, eficientes, limpios y seguros facilita el importante acceso a los mercados, el empleo, la educación y los servicios básicos que se necesitan para reducir la pobreza. Al mismo tiempo, el transporte, especialmente el transporte por carretera, es una gran fuerza impulsora de la creciente demanda mundial de energía y tiene una importante huella ambiental, y sus efectos en la salud pública son muy preocupantes a causa de las muertes, lesiones y enfermedades que causan en todo el mundo los accidentes de tráfico y de la contaminación atmosférica. La creciente demanda mundial de transporte de mercancías y movilidad de las personas está alimentando un aumento sin precedentes de las tasas de motorización y los volúmenes de tráfico en todo el mundo, tanto en zonas urbanas como no urbanas. Las proyecciones indican que la presencia de motocicletas, automóviles y camiones en las calles y carreteras aumentará en los próximos decenios, sobre todo en los países en desarrollo con altas tasas de crecimiento de la población, especialmente en África y Asia Sudoriental.

Cada año se pierden 1,35 millones de vidas a causa del tráfico y un número similar de muertes prematuras puede atribuirse a la contaminación atmosférica generada por el transporte. El 96 % de la energía consumida en el transporte por carretera procede de combustibles fósiles, y el sector es responsable del 18 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Si se sigue una trayectoria en la que todo siga igual, no será posible mitigar esas externalidades negativas correspondientes a los vehículos de transporte por carretera, mientras que el crecimiento previsto de la demanda de ese tipo de transporte en todo el mundo agravará aún más su impacto en el futuro. Lograr que los vehículos que circulen por las carreteras sean seguros, energéticamente eficientes e inoocuos para el medio ambiente será esencial para alcanzar muchos de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 y sus metas. Los elementos de la Agenda 2030 que guardan una relación directa con este tema son las metas 3.6, sobre la reducción de las tasas de mortalidad por accidentes de tráfico, y 3.9, sobre la reducción del número de muertes relacionadas con la contaminación atmosférica; las metas 7.2 y 7.3, sobre el aumento de la proporción correspondiente a la energía renovable en la matriz energética mundial y la mejora de la eficiencia energética; las metas del Objetivo 9 sobre la infraestructura, la industrialización y la innovación; la meta 11.2, sobre el establecimiento de sistemas de transporte urbano seguros, sostenibles y ambientalmente adecuados para todos; y las medidas relacionadas con el Objetivo 13 para combatir el cambio climático y sus repercusiones.

Gracias a las actividades de investigación, desarrollo e innovación, no cesan de llegar al mercado nuevas tecnologías que progresivamente aumentan la seguridad y reducen el consumo de energía y el impacto ambiental de los vehículos de transporte por carretera. Unos motores más eficientes, tecnologías que utilizan combustibles alternativos, sistemas de seguridad activa y pasiva y la automatización de los vehículos son vías prometedoras para mejorar la sostenibilidad de los vehículos y del transporte por carretera. Sin embargo, la tecnología es solo una parte de la solución y, para que sus efectos sean duraderos, debe tener una amplia difusión.

El Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos (WP.29) es una instancia mundial de carácter singular que se encarga de armonizar los reglamentos y normas sobre las prestaciones de los vehículos y sus piezas y equipos, su seguridad tecnológica, la contaminación atmosférica que producen, su eficiencia energética, los elementos de prevención del robo y su seguridad física. La participación de todos los interesados, en representación de los Gobiernos, la industria automovilística y los consumidores, en una plataforma normativa mundial que se ocupa de los vehículos de transporte por carretera es un eslabón clave para lograr en el futuro la sostenibilidad del sector, e incluso para mejorar su historial en materia de seguridad.

En la presente publicación —Reglamentación de las Naciones Unidas relativa a los vehículos para la seguridad vial: metodología costo-beneficio— se muestra el impacto que han tenido en la mejora de la seguridad vial en los planos nacional y mundial algunas reglamentaciones de las Naciones Unidas sobre vehículos redactadas por el WP.29. Se introducen metodologías y se presenta un análisis en profundidad de los principales criterios que deben utilizarse en el análisis costo-beneficio. Una de las metodologías descritas se aplica en los casos de tres países, de los que se dispone de un volumen de datos satisfactorio, para evaluar las repercusiones socioeconómicas de algunos escenarios de políticas elaborados específicamente para aplicar las reglamentaciones sobre vehículos encaminadas a mejorar la seguridad vial.

# Índice

|  |    |
|--|----|
| <b>Prefacio</b> .....  | v  |
| <b>Lista de siglas y abreviaturas</b> .....  | x  |
| <b>Resumen</b> .....   | xi |
| <b>CAPÍTULO I</b> Seguridad vial – trayectoria a nivel mundial, estadísticas y factores clave.....   | 1  |
| <b>CAPÍTULO II</b> El Foro Mundial y los Acuerdos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos a motor.....  | 11 |
| A. Seguridad activa de los vehículos y de sus componentes (evitación de accidentes).....   | 12 |
| B. Seguridad pasiva de los vehículos y de sus componentes (aptitud para resistir los impactos).....  | 13 |
| C. Consideraciones ambientales .....   | 13 |
| D. Consideraciones generales de seguridad .....  | 13 |
| E. Vehículos automatizados/autónomos y conectados.....   | 13 |
| El Acuerdo de 1958.....  | 14 |
| Acuerdo de 1998 sobre los Reglamentos Técnicos Mundiales de las Naciones Unidas.....   | 15 |
| El Acuerdo de 1997.....  | 17 |
| Cómo convertirse en miembro del Foro Mundial .....   | 19 |
| <b>CAPÍTULO III</b> Efecto de la seguridad de los vehículos en la seguridad vial.....  | 21 |
| <b>CAPÍTULO IV</b> Evaluación del efecto y análisis costo-beneficio de la reglamentación sobre seguridad de los vehículos: elementos del modelo.....         | 31 |
| I. Definición de las colisiones relevantes.....  | 31 |
| II. Evaluación de la tecnología.....   | 31 |
| III. Estructura del parque de vehículos.....   | 31 |
| IV. Escenario de la aplicación.....  | 32 |
| V. Efecto de la tecnología, sistema o requisito de comportamiento de que se trate en las colisiones.....   | 32 |
| VI. Beneficio neto – Enfoques para la valoración económica de la reducción del riesgo de accidentes de tráfico.....  | 32 |
| VII. Evaluación del costo .....  | 34 |
| VIII. Evaluación económica costo-beneficio .....   | 34 |
| <b>CAPÍTULO V</b> Estudios monográficos de países .....  | 35 |
| I. Previsiones del número de víctimas.....   | 36 |
| II. Beneficios en cuanto al número de víctimas y costos económicos de la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos..... | 44 |
| III. Relación beneficio-costos de la aplicación de la Reglamentación de las Naciones Unidas relativa a los vehículos .....                                   | 52 |
| <b>CAPÍTULO VI</b> Resumen y conclusión.....   | 57 |
| <b>Referencias y fuentes de datos</b> .....  | 61 |
| <b>ANEXO I – Análisis de sensibilidad</b> .....  | 65 |

## LISTA DE FIGURAS

|                      |   |    |
|----------------------|---|----|
| <b>Figura 1.1</b>    | <i>Tasa de motorización en función de la renta - todos los países (2016)</i> .....  | 2  |
| <b>Figura 1.2 a)</b> | <i>Cambios en los índices de motorización y mortalidad por accidentes de tráfico – todas las regiones, 1996-2016</i> .....  | 3  |
| <b>Figura 1.2 b)</b> | <i>Comparación de países y ejemplos de notables cambios dimensionales, 1996-2016</i> .....  | 3  |
| <b>Figura 1.3</b>    | <i>Número de víctimas mortales por cada 10.000 vehículos matriculados en función de la renta – todos los países (2016)</i> .....  | 4  |
| <b>Figura 1.4</b>    | <i>Número de víctimas mortales por pasajero-kilómetro en función de la renta – todos los países (2016)</i> .....  | 5  |
| <b>Figura 1.5</b>    | <i>Proporción de la población, las muertes por accidentes de tráfico y los vehículos de motor matriculados por país y categoría de renta (OMS, 2018)</i> .....                                    | 5  |
| <b>Figura 1.6</b>    | <i>Porcentaje de víctimas mortales como proporción de las distintas clases de usuarios de la carretera en los países miembros del ITF/OCDE en 2015 (basado en datos del ITF, 2017)</i> .....      | 6  |
| <b>Figura 1.7</b>    | <i>Víctimas mortales por tipo de usuario de la carretera en la región de la CESPAP en 2016 (fuente: OMS, 2018)</i> ....   | 7  |
| <b>Figura 1.8</b>    | <i>Pilares del Decenio de Acción de las Naciones Unidas</i> .....   | 7  |
| <b>Figura 2.1</b>    | <i>Estructura del WP.29</i> .....   | 12 |
| <b>Figura 4.1</b>    | <i>Enfoques de la valoración (Elvik, 2017)</i> .....  | 33 |
| <b>Figura 5.1</b>    | <i>Índice de mortalidad entre los ocupantes de automóviles (por cada 100.000 vehículos matriculados) en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030, eje secundario)</i> ..... | 37 |
| <b>Figura 5.2</b>    | <i>Índice de lesiones graves entre los ocupantes de vehículos (por cada 100.000 vehículos matriculados) en Bolivia, República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030, eje secundario)</i> ..... | 38 |
| <b>Figura 5.3</b>    | <i>Número de automóviles matriculados en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2001-2030)</i> ...  | 38 |
| <b>Figura 5.4</b>    | <i>Número de víctimas mortales entre los ocupantes de automóviles en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)</i> .....  | 39 |
| <b>Figura 5.5</b>    | <i>Número de lesiones graves entre los ocupantes de automóviles en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)</i> .....  | 39 |
| <b>Figura 5.6</b>    | <i>Tasa de mortalidad entre los peatones (por cada 100.000 habitantes) en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)</i> .....   | 40 |
| <b>Figura 5.7</b>    | <i>Tasa de lesiones graves entre los peatones (por cada 100.000 habitantes) en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)</i> .....  | 41 |
| <b>Figura 5.8</b>    | <i>Número de víctimas mortales entre los peatones en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)</i> .....  | 41 |
| <b>Figura 5.9</b>    | <i>Número de lesiones graves entre los peatones en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)</i> .....  | 42 |
| <b>Figura 5.10</b>   | <i>Tasa de mortalidad entre los ciclistas (por cada 100.000 habitantes) en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)</i> .....  | 42 |
| <b>Figura 5.11</b>   | <i>Tasa de lesiones graves entre los ciclistas (por cada 100.000 habitantes) en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)</i> .....   | 43 |
| <b>Figura 5.12</b>   | <i>Número de víctimas mortales entre los ciclistas en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)</i> .....   | 43 |
| <b>Figura 5.13</b>   | <i>Número de lesiones graves entre los ciclistas en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)</i> .....   | 44 |
| <b>Figura 5.14</b>   | <i>Estimación del número de vidas de ocupantes de automóviles salvadas gracias a la aplicación del Reglamento núm. 140 de las Naciones Unidas a partir de 2020 (2020-2030)</i> .....              | 45 |
| <b>Figura 5.15</b>   | <i>Estimación del número de lesiones entre los ocupantes de automóviles evitadas gracias a la aplicación del Reglamento núm. 140 de las Naciones Unidas a partir de 2020 (2020-2030)</i> .....    | 46 |

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Figura 5.16</b> | <i>Estimación del beneficio económico derivado de la evitación de víctimas entre los ocupantes de vehículos gracias a la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 a partir de 2020 (2020-2030)</i> ..... | 46 |
| <b>Figura 5.17</b> | <i>Estimaciones de automóviles nuevos matriculados en Bolivia (eje secundario) y de automóviles matriculados por primera vez en la República Kirguisa y Serbia (2011-2030)</i> .....                                      | 48 |
| <b>Figura 5.18</b> | <i>Número de vidas de peatones y ciclistas salvadas gracias a la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 a partir de 2020 (2020-2030)</i> .....  | 49 |
| <b>Figura 5.19</b> | <i>Número de lesiones graves de peatones y ciclistas evitadas gracias a la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 a partir de 2020 (2020-2030)</i> .....                                    | 50 |
| <b>Figura 5.20</b> | <i>Beneficio económico derivado de la reducción del número de víctimas UVVP gracias a la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 a partir de 2020 (2020-2030)</i> .....                      | 50 |
| <b>Figura 5.21</b> | <i>Estimación de la relación beneficio-costos para la aplicación del Reglamento núm. 140 de las Naciones Unidas a partir de 2020 (2020-2030)</i> .....  | 54 |
| <b>Figura 5.22</b> | <i>Relación beneficio-costos estimada en 2020 para la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 (2020-2030)</i> .....  | 55 |
| <b>Figura 5.23</b> | <i>Relación beneficio-costos para la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 140, 127 y 152 a partir de 2020 (2020-2030)</i> .....   | 56 |

## LISTA DE CUADROS

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>CUADRO 1</b>   | <i>Reglamentos de las Naciones Unidas sobre vehículos más importantes para marcar una diferencia en la seguridad vial</i> .....  | 10 |
| <b>CUADRO 3.1</b> | <i>Resumen de los beneficios netos y brutos de cada opción</i> .....   | 28 |
| <b>CUADRO 3.2</b> | <i>Resumen de los costos y de la relación beneficio-costos de cada opción</i> .....  | 28 |
| <b>CUADRO 3.3</b> | <i>Resumen del número de vidas salvadas y lesiones evitadas</i> .....  | 28 |
| <b>CUADRO 3.4</b> | <i>Año en que el conjunto combinado de tecnologías comienza a ser económicamente rentable en cada país</i> .....   | 30 |
| <b>CUADRO 5.1</b> | <i>Estimación del número de víctimas evitadas y de los beneficios económicos derivados de la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 a partir de 2020 (2020-2030)</i> .....            | 47 |
| <b>CUADRO 5.2</b> | <i>Estimación de los costos derivados de la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 a partir de 2020 (2020-2030)</i> .....   | 48 |
| <b>CUADRO 5.3</b> | <i>Estimación del número de víctimas evitadas y de los beneficios económicos derivados de la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 a partir de 2020 (2020-2030)</i> ..... | 51 |
| <b>CUADRO 5.4</b> | <i>Estimación de los costos derivados de la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 a partir de 2020 (2020-2030)</i> .....  | 51 |
| <b>CUADRO 5.5</b> | <i>Estimaciones de la RBC para la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 en Bolivia, la República Kirguisa y Serbia (2020 - 2030)</i> .....   | 53 |
| <b>CUADRO 5.6</b> | <i>Estimaciones de la RBC para la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 en Bolivia, la República Kirguisa y Serbia (2020-2030)</i> .....                                  | 54 |
| <b>CUADRO 6.1</b> | <i>Estimación del número de víctimas evitadas gracias a la aplicación de los Reglamentos núms. 127, 140 y 152 de las Naciones Unidas a partir de 2020 (2020-2030)</i> .....                              | 58 |
| <b>CUADRO 6.2</b> | <i>Año en que la RBC de la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127, 140 y 152 a partir de 2020 es superior a 1</i> .....  | 58 |
| <b>CUADRO A.1</b> | <i>Escenarios del análisis de sensibilidad del efecto de la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 relativo a los ocupantes de vehículos en las estimaciones de la RBC</i> .....      | 66 |

|                     |  |           |
|---------------------|--|-----------|
| <b>CUADRO A.II</b>  | <i>Escenarios del análisis de sensibilidad de las estimaciones de la RBC para los ocupantes de automóviles en relación con la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140.....</i>                                   | <i>67</i> |
| <b>CUADRO A.III</b> | <i>Análisis de sensibilidad respecto al costo y la eficacia de la tecnología de las estimaciones de la RBC para los ocupantes de automóviles en relación con la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140.....</i> | <i>67</i> |
| <b>CUADRO A.IV</b>  | <i>Escenarios del análisis de sensibilidad del efecto de la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 para las estimaciones de la RBC con respecto a los UVVP.....</i>                                  | <i>68</i> |
| <b>CUADRO A.V</b>   | <i>Escenarios del análisis de sensibilidad de las estimaciones de la RBC para los UVVP en relación con la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152.....</i>  | <i>69</i> |
| <b>CUADRO A.VI</b>  | <i>Análisis de sensibilidad respecto al costo y la eficacia de la tecnología de las estimaciones de la RBC para los UVVP en relación con la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152.....</i>          | <i>69</i> |

## Lista de siglas y abreviaturas

| Sigla/abreviatura | Definición  |
|-------------------|---|
| ABS               | Frenos antibloqueo  |
| AC.2              | Comité Administrativo para la Coordinación de los Trabajos del Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos |
| AEBS              | Sistema automático de frenado de emergencia   |
| CEPA              | Comisión Económica para África  |
| CEPAL             | Comisión Económica para América Latina y el Caribe  |
| CEPE              | Comisión Económica para Europa  |
| CESPAO            | Comisión Económica para Asia Occidental   |
| CESPAP            | Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico   |
| CH                | Capital humano  |
| CITA              | Comité internacional de l'inspection technique automobile   |
| CTI               | Comité de Transportes Interiores  |
| DAP               | Disposición a pagar   |
| ECOSOC            | Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas   |
| ESC               | Control electrónico de la estabilidad   |
| GIDAS             | Estudio Detallado de los Accidentes de Alemania   |
| INB               | Ingreso nacional bruto  |
| IRAP              | Programa Internacional de Evaluación de Carreteras  |
| ITF               | International Transport Forum   |
| NHTSA             | National Highway Transport Safety Administration  |
| OCDE              | Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos   |
| ODS               | Objetivos de Desarrollo Sostenible  |
| OICA              | Asociación Internacional de Fabricantes de Automóviles  |
| OMS               | Organización Mundial de la Salud  |
| ONG               | Organización no gubernamental   |
| PIB               | Producto interno bruto  |
| PRB               | Países de renta baja  |
| PRMA              | Países de renta media-alta  |
| PRMB              | Países de renta media-baja  |
| PRA               | Países de renta alta  |
| R.E.6             | Resolución sobre equipo de ensayo, aptitudes, formación y supervisión de los inspectores  |
| RBC               | Relación beneficio-costos   |
| RTM               | Reglamentos Técnicos Mundiales  |
| TRL               | Laboratorio de Investigación sobre el Transporte del Reino Unido  |
| UVVP              | Usuarios vulnerables de la vía pública  |
| VVE               | Valor de la vida estadística  |
| WP.29             | Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos (CEPE)   |

## Resumen

Los accidentes de tráfico y las muertes y lesiones que provocan constituyen un importante problema social, económico, de desarrollo y de salud pública para todos los países del mundo. Más de 1 millón de personas mueren cada año por accidentes de tráfico en todo el mundo, lo que, además de la pérdida y el sufrimiento que supone para las personas, conlleva un enorme costo asociado que, en algunos países, llega a ascender hasta el 5 % del producto interno bruto (PIB). Mientras que en los últimos tres decenios muchos países industrializados han mejorado considerablemente su historial en materia de seguridad vial, los países en desarrollo y los países con economías en transición soportan una parte desproporcionada de esa carga mundial. Por esa razón, los accidentes de tráfico constituyen un problema de desarrollo que afecta con gran intensidad a los países de ingresos bajos y medios y, especialmente, a los segmentos de población más vulnerables económicamente.

La presente publicación se centra en el papel que desempeñan los vehículos en la ecuación de la seguridad vial, es decir, en el efecto de las reglamentaciones de las Naciones Unidas en la mejora de la seguridad de los parques nacionales de vehículos. Se ofrece una perspectiva general del proceso internacional que conduce al desarrollo y la armonización de la reglamentación sobre vehículos en el marco del WP.29, los Acuerdos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos a motor y sus Reglamentos anexos, los Reglamentos Técnicos Mundiales (RTM) y las Reglas de las Naciones Unidas. El objetivo final es introducir metodologías para llevar a cabo un análisis costo-beneficio que permita avanzar un cálculo de los beneficios socioeconómicos que cabe esperar como resultado de la aplicación de las reglamentaciones de las Naciones Unidas relativas a los vehículos que se redactan con el fin de mejorar la seguridad de los vehículos de carretera. Se han elaborado estudios monográficos de tres países para ilustrar cómo se puede llevar a cabo el análisis costo-beneficio de la aplicación de la reglamentación de las Naciones Unidas para la seguridad vial, incluyendo los pasos detallados, los requisitos en materia de datos y la interpretación de los resultados.

En el primer capítulo se presentan las estadísticas de seguridad vial en el mundo, con atención especial a los datos sobre el parque de vehículos y el historial de seguridad, que son elementos fundamentales para los cálculos del análisis costo-beneficio. También se introduce la terminología empleada en la ciencia de la seguridad vial, las medidas empleadas para cuantificar el riesgo y la exposición al tráfico, la relación predominante entre el desarrollo económico y el riesgo derivado del tráfico, los factores que contribuyen a los accidentes de tráfico y los marcos de las Naciones Unidas en los que se aborda el tema de la seguridad vial.

En el capítulo dos se ofrece una reseña general del WP.29, su estructura, los Acuerdos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos a motor que administra y cómo los Gobiernos y los agentes no estatales pueden participar en su trabajo. El WP.29 fue creado por el CTI en 1952 para mitigar las externalidades en las esferas de la seguridad y el medio ambiente correspondientes a los vehículos de carretera y para facilitar el comercio internacional eliminando las barreras técnicas al comercio de vehículos. A fines del siglo pasado, el WP.29 amplió su cobertura geográfica para permitir la participación de cualquier país o región del sistema de las Naciones Unidas. Hay tres Acuerdos de las Naciones Unidas, aprobados en 1958, 1997 y 1998, que constituyen un marco jurídico que facilita a las partes contratantes la adopción de instrumentos normativos armonizados a nivel internacional para la certificación de los vehículos de motor, sus piezas y equipos, y normas para la inspección técnica de los vehículos en servicio. El marco reglamentario elaborado por el Foro Mundial facilita introducción masiva en el mercado de las tecnologías automovilísticas más innovadoras, mejorando también continuamente la seguridad global de los vehículos, su eficiencia energética y su desempeño ambiental.

En el capítulo tres se presenta un análisis bibliográfico de los estudios en los que se documenta la contribución de las tecnologías de seguridad pasiva y activa de los vehículos a la mejora de la seguridad vial. En ese capítulo se ilustra cómo los cinturones de seguridad, los airbags, el control electrónico de la estabilidad (ESC), la protección contra impactos frontales y laterales y otras medidas de seguridad adoptadas en la construcción de vehículos y los instrumentos que regulan la utilización de esos elementos salvan cada año miles de vidas en las carreteras de todo el mundo. Las partes interesadas en el transporte por carretera, como los organismos reguladores nacionales, los promotores de la salud pública y los institutos de investigación, cuantifican los beneficios derivados de esos dispositivos y regulaciones y hacen una estimación del número de vidas salvadas por cada uno de ellos, el número de víctimas que habrían sobrevivido si más ocupantes hubieran estado protegidos por esos dispositivos, y la expresión de esas pérdidas y de los posibles ahorros en términos monetarios. Esa información se utiliza para realizar análisis costo-beneficio de los nuevos reglamentos, y para obtener estimaciones de la relación beneficio-costos de su aplicación.

En muchos países del mundo se lleva a cabo una evaluación del efecto derivado de la adopción y aplicación de las normas de seguridad de los vehículos como parte del proceso de toma de decisiones en la etapa previa a la propuesta de nueva legislación.

En muchos casos se trata de un paso obligatorio en el proceso regulatorio, como una evaluación previa de la eficacia. El propósito es determinar la eficiencia socioeconómica de una nueva medida reglamentaria. En el capítulo cuatro se presentan los elementos y las etapas de las evaluaciones del efecto de los reglamentos de vehículos y los modelos de análisis costo-beneficio realizados con ese fin. Se parte de la definición de los accidentes que se pretende evitar o mitigar con una tecnología concreta y de la evaluación de la eficacia de la tecnología para satisfacer el propósito para el que fue concebida, se continúa con una estimación de los costos y beneficios derivados de la aplicación de una norma en virtud de la cual se hace obligatoria una tecnología que satisface unos requisitos de eficacia específicos contemplados en la legislación, y se termina con un análisis costo-beneficio propiamente dicho.

En el capítulo cinco se presentan ejemplos de análisis costo-beneficio en tres países. Mediante el modelo, que se desarrolla y describe en ese capítulo, se calculan las relaciones beneficio-costo de la normativa relativa al ESC, una medida de seguridad activa orientada a mejorar la seguridad de los ocupantes de los automóviles, con un desempeño conforme al Reglamento núm. 140 y al RTM núm. 9 de las Naciones Unidas. Mediante el modelo se calcula también la relación beneficio-costo de la normativa relativa al sistema automático de frenado de emergencia (AEBS), una medida de seguridad activa destinada a evitar colisiones, con un desempeño conforme al Reglamento núm. 152 de las Naciones Unidas, y de las medidas de seguridad pasiva para la protección de los peatones, con un desempeño al Reglamento núm. 127 y al RTM núm. 9 de las Naciones Unidas, estimando el efecto combinado de esos sistemas en la prevención de muertes y lesiones graves de los usuarios vulnerables de la vía pública. El marco temporal para el que se aplica el modelo es el período 2020-2030. Los países incluidos en el análisis: Bolivia, la República Kirguisa y Serbia, se seleccionaron con la idea de ofrecer una muestra variada de diferentes continentes desde los puntos de vista geográfico, de desarrollo económico y de seguridad vial, y sobre la base del estado actual de aplicación de la Reglamentación de las Naciones Unidas relativa a los Vehículos en esos países, en particular de los reglamentos que se consideran en el modelo.

En el último capítulo se resumen los resultados del análisis y se explican los puntos fuertes y débiles de la metodología empleada a la luz de los datos sobre el parque de vehículos y sobre seguridad vial que pueden obtenerse de fuentes en línea para los tres países. Dentro del escenario de mejor estimación, del modelo se desprende que, en comparación con la posibilidad de no adoptar ninguna medida, la instalación a partir de 2020 en todos los vehículos matriculados por primera vez (Serbia) o en todos los vehículos de nueva matriculación (Bolivia y República Kirguisa) de sistemas que cumplan los requisitos establecidos en los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127, 140 y 152 permitiría evitar 867 víctimas mortales y 6.662 heridos graves en Bolivia, 2.035 víctimas mortales y 15.845 heridos graves en la República Kirguisa, y 522 víctimas mortales y 3.075 heridos graves en Serbia en el período transcurrido hasta 2030. Desde el punto de vista de la rentabilidad económica de las medidas normativas, del escenario de mejor estimación de los modelos se desprende que el efecto combinado de la aplicación a partir de 2020 de los Reglamentos de las Naciones Unidas considerados orientados a mejorar a la seguridad de los ocupantes de vehículos y de los usuarios vulnerables de la vía pública alcanzaría la rentabilidad económica antes de que finalizara el decenio de 2020 en los tres países: a fines de 2023 en Bolivia, y durante 2029 en la República Kirguisa y Serbia.

Dado que existe una incertidumbre inherente a todas las predicciones realizadas, que da lugar a la calificación de las cifras obtenidas como mejores estimaciones, se exploró el efecto que tendría la modificación de los parámetros iniciales del modelo (es decir, la evolución del parque de vehículos, los precios de la tecnología, los índices de siniestralidad, etc.) en las relaciones beneficio-costo calculadas con el fin de mejorar la solidez de los resultados a lo largo del plazo considerado. Los escenarios alternativos y los resultados que se obtuvieron mediante ese análisis de sensibilidad figuran en el anexo I.

# CAPÍTULO I

## Seguridad vial – trayectoria a nivel mundial, estadísticas y factores clave

Los accidentes de tráfico y las lesiones que se producen ocupan el décimo lugar como causa de muerte. Desde 2000, las muertes por accidentes de tráfico han aumentado un 13 % en todo el mundo. En 2016, los accidentes provocaron 1,35 millones de muertes en todo el mundo, lo que equivale a una tasa de 18,2 muertes por cada 100.000 habitantes. Para situar esas cifras en perspectiva, puede señalarse que más de 3.700 personas mueren cada día en accidentes de tráfico. Las lesiones provocadas por esos accidentes son actualmente la principal causa de muerte de las personas de entre 5 y 29 años. Los países de bajos ingresos registraron la mayor tasa de mortalidad por lesiones provocadas por los accidentes de tráfico, con 27,5 muertes por cada 100.000 habitantes. Las lesiones por accidentes de tráfico también se encontraban entre las diez principales causas de muerte en los países de renta media-baja y media-alta, con tasas de 19,1 y 19,5 muertes por cada 100.000 habitantes, respectivamente.

Además de las víctimas mortales, entre 20 y 50 millones de personas sufren cada año lesiones graves por accidentes de tráfico. En muchos casos, esas lesiones provocan discapacidades permanentes que afectan a las víctimas para el resto de sus vidas. Así pues, las muertes y las lesiones por accidentes de tráfico tienen efectos devastadores en las personas, las familias y la sociedad en general. También provocan enormes pérdidas económicas, estimadas entre el 2 % y el 5 % del PIB de los países (ITF, 2018). Esas cifras de muertes y lesiones graves por accidentes de tráfico son inaceptables tanto en términos de sufrimiento humano como de costos sociales y económicos, y no son sostenibles.

Los esfuerzos por hacer frente a la crisis de la seguridad vial se han acelerado en todo el mundo en los últimos veinte años, y la comunidad internacional se ha movilizado vigorosamente. El 1 de enero de 2016, las Naciones Unidas y sus Estados Miembros se comprometieron a realizar un esfuerzo sin precedentes para promover la seguridad vial. Se estableció como objetivo mundial reducir a la mitad el número de muertos y heridos por accidentes de tráfico antes de 2020. Ese objetivo figura en el marco de los ODS, en el que la seguridad vial aparece entre las metas del ODS 3 “Buena salud y bienestar” y del ODS 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”. Eso es reflejo de la contribución que las Naciones Unidas esperan que la prevención de las lesiones por accidentes de tráfico aporte a un cambio de paradigma en favor de unos estilos de vida saludables y un desarrollo urbano sostenible. Los ODS tienen un alcance universal y, por tanto, se aplican en todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas. El ambicioso objetivo de reducir tanto las muertes como las lesiones por accidentes de tráfico supone un importante acicate para que todos los Gobiernos den un nuevo impulso a sus políticas y planes nacionales de seguridad vial.

La presente publicación se centra en el papel que desempeñan los vehículos en la ecuación de la seguridad del tráfico, es decir, en el efecto de los reglamentos sobre vehículos de las Naciones Unidas en la mejora de la seguridad de los parques nacionales de vehículos, su resistencia a las colisiones y su capacidad para evitarlas. Se presenta el proceso internacional que conduce al desarrollo y la armonización de la reglamentación sobre vehículos en el marco del WP.29, los Acuerdos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos a motor y sus Reglamentos anexas. La aplicación en los países de la reglamentación de las Naciones Unidas relativa a los vehículos se recomienda tanto en el Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial como de la Agenda 2030, ya que de las pruebas disponibles se desprende claramente que conduce a la mejora del historial de seguridad vial en el plano nacional. En ese contexto, el objetivo principal de la presente publicación es ofrecer un panorama general de las metodologías de análisis costo-beneficio empleadas para calcular los beneficios socioeconómicos que los países pueden obtener con la aplicación de la reglamentación de las Naciones Unidas relativa a los vehículos orientada a mejorar las prestaciones de los vehículos en materia de seguridad. A modo de ejemplo, se incluyen estudios monográficos de tres países. Para empezar, se introduce la terminología empleada en la ciencia de la seguridad vial y las estadísticas mundiales que revisten interés a la hora de cuantificar los resultados en materia de seguridad vial.

### *Riesgo del tráfico*

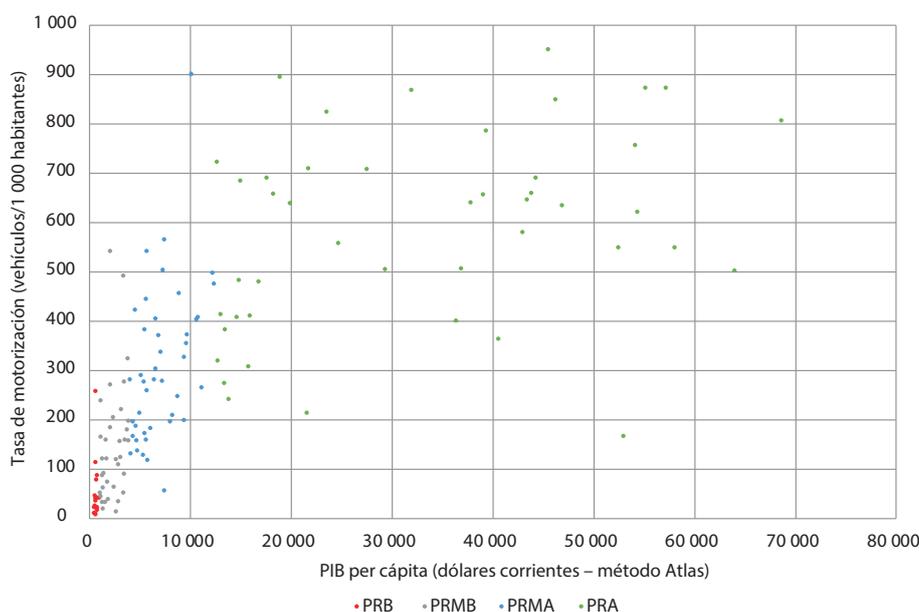
El término seguridad vial (a veces se emplea “seguridad del tráfico” como sinónimo) es ampliamente utilizado por los expertos y por el público. La ciencia de la seguridad vial ha evolucionado paralelamente a la evolución histórica del transporte por carretera, el aumento de los volúmenes de mercancías transportados, la expansión de las redes de carreteras, el aumento del número de

vehículos per cápita y de kilómetros recorridos a nivel nacional y mundial, así como los avances en las tecnologías aplicadas a los vehículos. Para poder ofrecer una imagen clara de los objetivos y de los últimos avances en la ciencia de la seguridad vial es necesario, en primer lugar, esbozar una serie de conceptos y definiciones clave.

El concepto general de seguridad hace referencia a la ausencia de daños involuntarios a los seres vivos u objetos inanimados. Las medidas de seguridad de carácter cuantitativo casi siempre se centran en la magnitud de la desviación con respecto a la ausencia total de cualquier tipo de daño, en lugar de centrarse directamente en la seguridad como tal. Según cual sea el tema concreto de que se trate, el transporte por carretera en nuestro caso, y en función de los datos disponibles, pueden utilizarse muchas unidades de medida. La seguridad vial, definida como tal, es una forma de cuantificar el riesgo de que se produzcan muertes y lesiones como consecuencia del tráfico. Estas son, a su vez, producto del número de vehículos por persona y del número de muertes (o lesiones) por vehículo o de muertes (o lesiones) por pasajero-kilómetro<sup>1</sup>. La rapidez con la que crece el riesgo de muerte depende, por definición, de la tasa de crecimiento de la motorización y de la tasa de variación del número de víctimas mortales por vehículo. Durante los últimos 35 años, en la mayoría de los países en desarrollo el número de vehículos ha crecido más rápidamente que el número de víctimas mortales por vehículo. La experiencia en los países desarrollados, sin embargo, ha sido la contraria, ya que las tasas indicativas del número de vehículos por habitante crecieron más lentamente de lo que se redujeron los índices de víctimas mortales por vehículo.

La tasa de motorización de un país suele estar estrechamente relacionada con el poder adquisitivo de su población. Los países de renta alta suelen tener más vehículos per cápita que los de renta baja, aunque hay excepciones (figura 1.1). En Singapur y los Emiratos Árabes Unidos se observan tasas de motorización inferiores a la media para la categoría de rentas más altas. Por lo demás, las tasas de motorización observadas en los países con un ingreso nacional bruto (INB<sup>2</sup>) per cápita superior a 20.000 dólares suelen situarse entre 500 y 800 vehículos por cada 1.000 habitantes. Otra correlación clara se observa en el umbral del INB per cápita de 4.000 dólares, por debajo del cual casi ningún país tiene una tasa de motorización superior a 300 vehículos por cada 1.000 habitantes.

Figura 1.1 – Tasa de motorización en función de la renta – todos los países (2016)



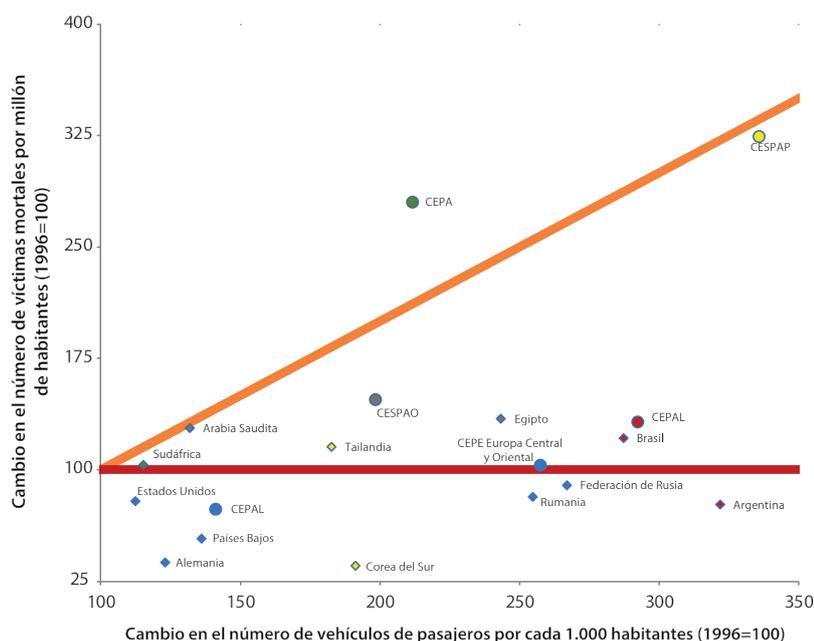
Al comparar los índices de motorización y de mortalidad por accidentes de tráfico se observa que, mientras que varios Estados miembros de la CEPE han podido desvincular totalmente los niveles de motorización (vehículos de pasajeros por cada 1.000 habitantes) de la mortalidad por accidentes de tráfico durante los dos últimos decenios, numerosos países de ingresos medios de Europa Oriental y Sudoriental y de Asia Central no han logrado hacerlo (figura 1.2).

1 El pasajero-kilómetro (PKM) es una unidad de medida del volumen de viajeros trasladados por un modo de transporte (carreteras, ferrocarriles, vías navegables, etc.). Se calcula como:  $PKM = TPT \times DTR$ . Donde TPT es el número total de pasajeros transportados y DTR es la distancia total recorrida medida en kilómetros.

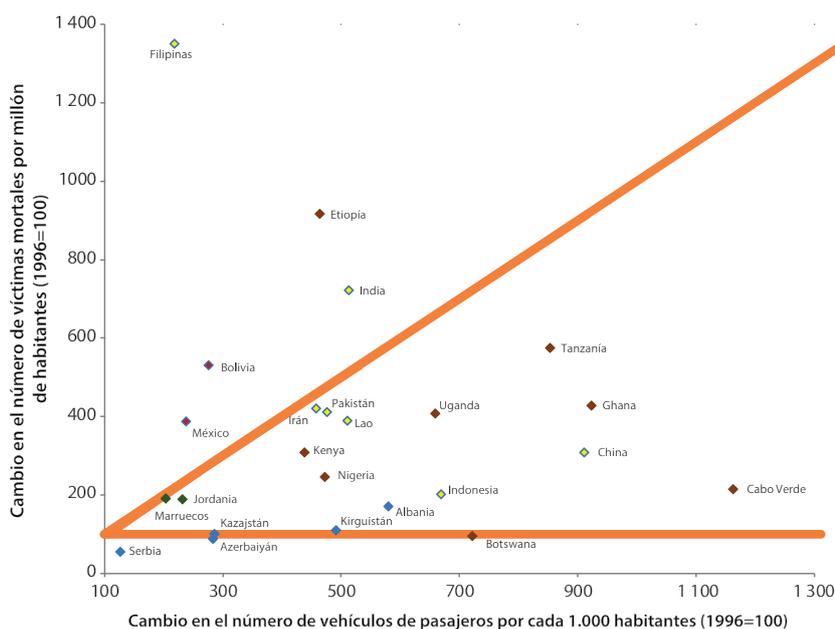
2 El Banco Mundial clasifica las economías del mundo en cuatro grupos de ingresos: países de renta baja, media baja, media alta y alta. Las clasificaciones se actualizan el 1 de julio de cada año, y se basan en el INB per cápita en dólares corrientes.

Los países y regiones situados entre la línea roja de 45° y la línea roja horizontal en las figuras 1.2 a) y 1.2 b) han conseguido desvincular al menos relativamente la motorización y el número de víctimas mortales por accidentes de tráfico: estas últimas han aumentado menos que los niveles de motorización. La CEPE es la única región en la que se ha logrado la desvinculación de manera absoluta (es decir, la reducción del número de víctimas mortales a pesar del aumento de los niveles de motorización). Sin embargo, eso puede ser el resultado de una reducción significativa del número de muertes por accidentes de tráfico en los países de Europa Occidental y Septentrional, mientras que los de Europa Central y Oriental, el Cáucaso y Asia Central solo han conseguido, en promedio, una desvinculación relativa de los niveles de motorización y de mortalidad. Con todo, la tendencia observada en esos países es bastante positiva. Año tras año mejora la relación entre los niveles de motorización y el número de víctimas mortales por accidentes de tráfico.

**Figura 1.2 a) – Cambios en los índices de motorización y mortalidad por accidentes de tráfico – todas las regiones, 1996-2016**



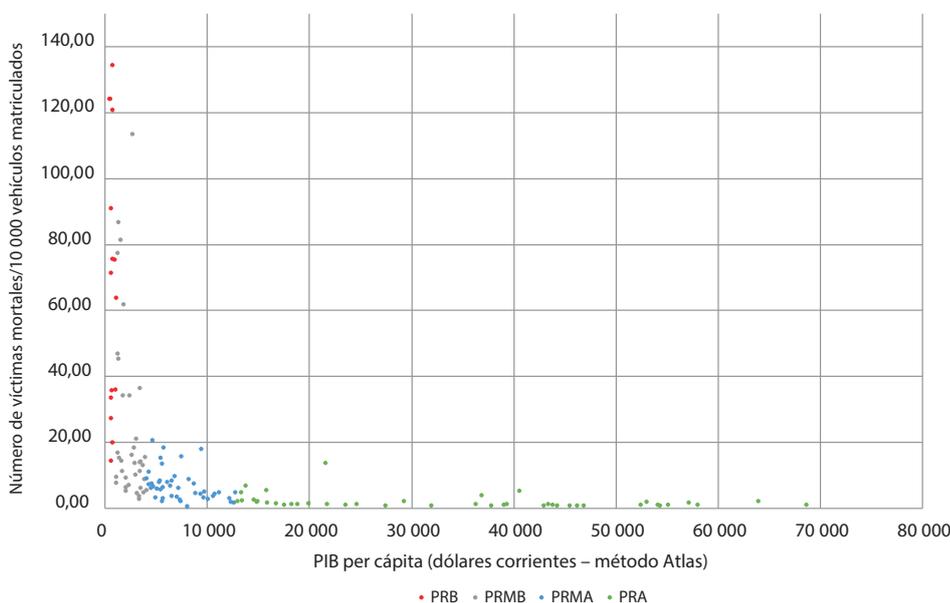
**Figura 1.2 b) – Comparación de países y ejemplos de notables cambios dimensionales, 1996-2016**



En las regiones de la CEPAL y la CESPAP se ha logrado una desvinculación relativa entre los niveles de motorización y el número de víctimas mortales durante el período observado; sin embargo, algunos países, como Bolivia y México, siguen registrando aumentos muy elevados de la tasa anual de mortalidad por accidentes de tráfico. Los países que muestran datos más preocupantes en cuanto a los niveles de mortalidad por accidentes de tráfico son los de la CEPA y los de la CESPAP. Esos datos pueden tener su explicación en las elevadas tasas de crecimiento económico y el aumento de la demanda de transporte en esos países, que dieron lugar a un rápido incremento de los niveles de motorización privada y a un retraso en la adopción de políticas de seguridad vial.

Sin embargo, la constante imperante sigue manifestándose como una tasa de mortalidad muy desproporcionada en los países en desarrollo. La gran mayoría de los países cuyo INB per cápita supera la marca de los 10.000 dólares no pasan del umbral de 5 víctimas mortales por cada 10.000 vehículos matriculados. En las categorías en las que el INB per cápita se sitúa entre 4.000 y 10.000 dólares, casi todos los países se mantienen por debajo de las 20 víctimas mortales por cada 10.000 vehículos matriculados, mientras que muchos países con un INB per cápita inferior a 4.000 dólares registran índices de mortalidad mucho más elevados, superando incluso las 100 muertes por cada 10.000 vehículos matriculados (figura 1.3).

**Figura 1.3 – Número de víctimas mortales por cada 10.000 vehículos matriculados en función de la renta – todos los países (2016)**



El número de víctimas mortales según la distancia recorrida por persona ofrece una imagen aún más clara de la relación predominante entre los niveles nacionales de renta per cápita y el riesgo del tráfico (figura 1.4). Solo uno de los países con un INB per cápita superior a 10.000 dólares registra una tasa anual superior a 40 víctimas mortales por cada 1.000 millones de pasajeros-kilómetro. A medida que el INB per cápita crece por encima de los 20.000 dólares, los índices de mortalidad se mantienen, por regla general, por debajo de 20 por cada 1.000 millones de pasajeros-kilómetro recorridos, mientras que más del 60 % de los países en esa categoría de renta analizados muestran anuales índices de mortalidad inferiores a 5 por cada 1.000 millones de pasajeros-kilómetro.

Por el contrario, a medida que el INB per cápita desciende por debajo de los 10.000 dólares, los índices nacionales de mortalidad por cada 1.000 millones de pasajeros-kilómetro aumentan de forma significativa, superando habitualmente las 100 muertes anuales por cada 1.000 millones de pasajeros-kilómetro y, en muchos casos, incluso las 200.

La relación entre el desarrollo económico y el riesgo del tráfico por carretera y la seguridad vial puede resumirse según el esquema de la figura 1.5. En los países de renta baja y media, las muertes provocadas por accidentes de tráfico resultan desproporcionadas, tanto en relación con la población como con el número de vehículos matriculados, en comparación con los países de renta alta.

Entre 1975 y 1998, el número de muertes por accidente de tráfico per cápita aumentó un 44 % en Malasia, y más de un 200 % en Colombia y Botswana. La situación en los países de renta alta es bastante diferente. En el mismo período, las muertes por

Figura 1.4 – Número de víctimas mortales por pasajero-kilómetro en función de la renta – todos los países (2016)

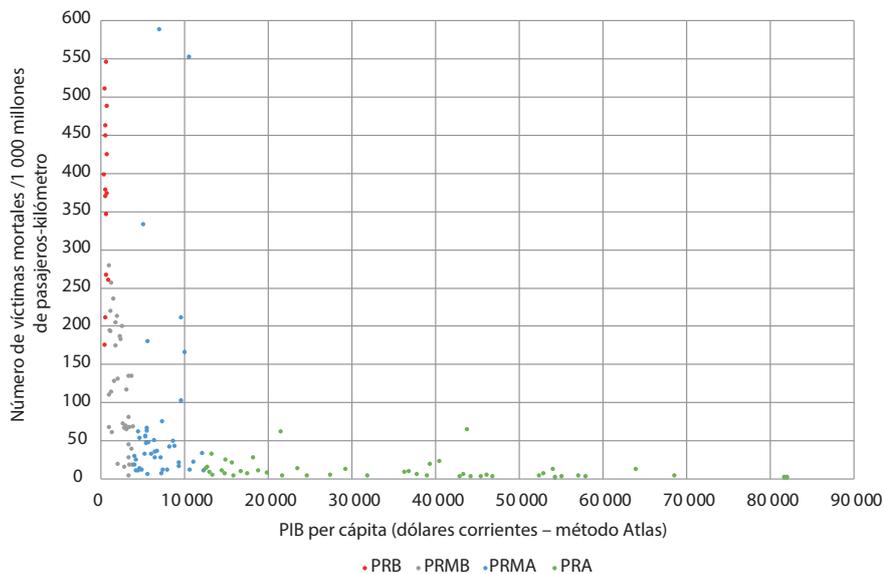
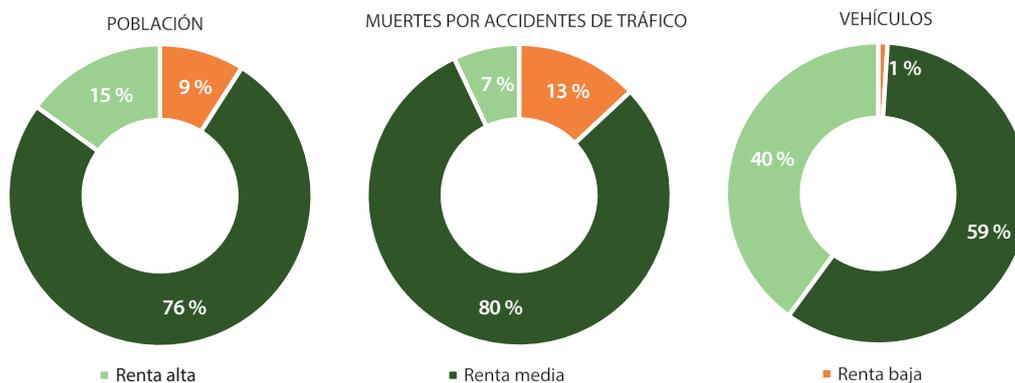


Figura 1.5 – Proporción de la población, las muertes por accidentes de tráfico y los vehículos de motor matriculados por país y categoría de renta (OMS, 2018)



accidente de tráfico per cápita se redujeron un 60 % en el Canadá y Hong Kong, y en cifras que variaron entre el 25 % y el 50 % en la mayoría de los países europeos. Todo ello refleja una tendencia a la baja en el riesgo de mortalidad (muertes/población) que comenzó en la mayoría de los países de la OCDE a principios del decenio de 1970 y ha continuado hasta la actualidad. La cuestión clave para el análisis de la seguridad del tráfico es determinar el origen de esas tendencias. Comprenderlo puede ayudar a quienes intentan introducir medidas normativas para reducir el número de víctimas.

### Colisiones, y no accidentes, y factores en lugar de causas

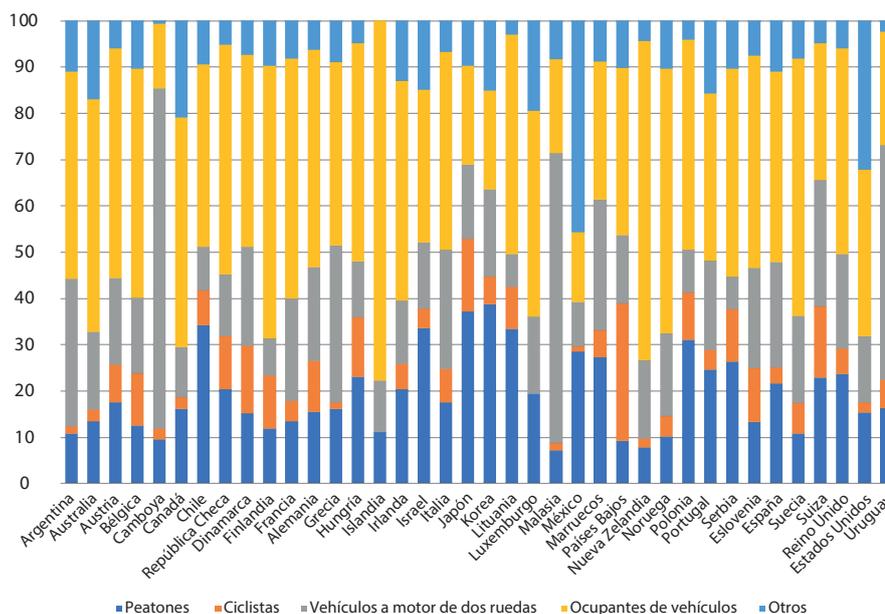
Cuando un vehículo choca contra cualquier otro elemento se dice que se ha producido una colisión. Una colisión de tráfico se define como un incidente en el que están implicados uno o más vehículos de motor, al menos uno de los cuales realiza una actividad de transporte, y que se origina en una vía pública abierta al tráfico, como una carretera o autopista (NHTSA, 2019). El término “accidente” no se considera adecuado en el ámbito técnico. La palabra “accidente” transmite la sensación de que los daños se deben exclusivamente al azar, o al destino. Tal vez sea eso lo que confiere a ese término su mayor atractivo: la sensación de que los implicados quedan exonerados de responsabilidad. La palabra “accidente” también transmite la sensación de que los daños provocados no son previsibles. Sin embargo, el propósito de estudiar la seguridad es examinar los factores que influyen en la probabilidad de que se produzcan colisiones y en los daños resultantes. En 2001, el *British Medical Journal* prohibió el

uso del término “accidente” en sus publicaciones y, en 1999, la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) de los Estados Unidos de América cambió el nombre de varios archivos de datos, por ejemplo, sustituyendo el nombre del antiguo Fatal Accident Reporting System por el actual de Fatality Analysis Reporting System (conservando así las siglas FARS).

Del mismo modo, el término “causa” se utiliza con cautela, porque puede traer a la mente con demasiada facilidad la noción inapropiada de la existencia de una causa única, habitual en las ciencias físicas. Las colisiones son el resultado de muchos factores de riesgo que actúan conjuntamente. Aunque los diferentes usuarios de la carretera están expuestos a riesgos distintos, por ejemplo, los peatones, los motociclistas y los ciclistas, en comparación con los conductores y los pasajeros de vehículos de cuatro ruedas, los factores de riesgo del tráfico son universales para todos los usuarios. El objetivo del análisis de la seguridad es examinar esos factores de riesgo asociados a las colisiones con el fin de identificar aquellos que podrían modificarse mediante la adopción de contramedidas (o intervenciones) para mejorar la seguridad en el futuro.

En todo el mundo, los diferentes tipos de usuarios de la carretera están expuestos a distintos niveles de riesgo (figura 1.6). Los usuarios vulnerables de la vía pública (UVVP) se ven afectados de forma desproporcionada. Peatones y ciclistas representan el 26 % de las víctimas mortales del tráfico, mientras que los conductores de vehículos de motor de dos o tres ruedas representan otro 28 % de las víctimas mortales. Los ocupantes de vehículos de cuatro ruedas representan el 29 % de todas las muertes, mientras que el 17 % restante corresponde a “usuarios de la vía pública no identificados”. Esta última clasificación es una desafortunada consecuencia de la escasez de datos, la atención insatisfactoria que se presta a la seguridad vial y las repercusiones de las colisiones que se observan en muchos países del mundo. La recopilación y el análisis adecuados de los datos son condiciones básicas para llevar a cabo un estudio de la seguridad y para mejorar el historial en materia de seguridad vial en los planos global y nacional.

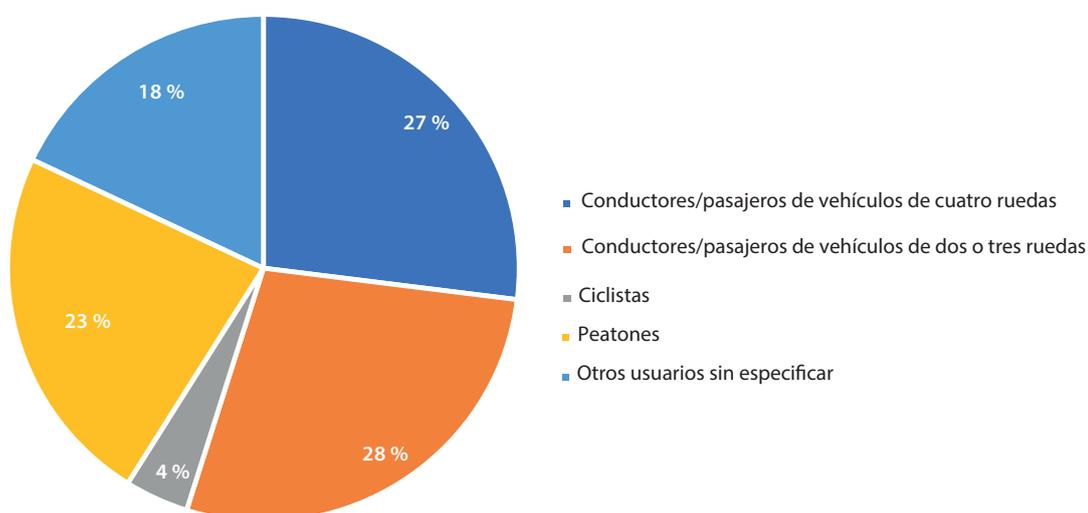
**Figura 1.6 – Porcentaje de víctimas mortales como proporción de las distintas clases de usuarios de la carretera en los países miembros del ITF/OCDE en 2015 (basado en datos del ITF, 2017)**



La medida en que las diferentes categorías de usuarios de la vía pública están expuestas al riesgo del tráfico difiere en los distintos países y regiones. La exposición relativa de los distintos tipos de usuarios al riesgo del tráfico depende de la composición y la antigüedad del parque de vehículos y de los sistemas de seguridad pasiva y activa que lleven incorporados; del comportamiento de los usuarios de la vía pública y del uso que hagan del equipo de seguridad (cascos para motoristas, sistemas de sujeción de niños, cinturones de seguridad, etc.); del desarrollo y la calidad de las redes viarias, tanto rurales como urbanas, incluida la existencia de infraestructuras adecuadas para peatones y ciclistas; y de las medidas de seguridad para los usuarios vulnerables; así como de la eficacia de los servicios de respuesta de emergencia tras un accidente. En otras palabras, la legislación pertinente, su aplicación, la educación vial de los usuarios de la carretera y el uso de la tecnología son elementos clave que influyen en el nivel de riesgo del tráfico para las diferentes categorías de usuarios de la vía pública.

Dado que esos elementos de la ecuación de la seguridad vial difieren en las distintas regiones del mundo, también lo hace la consiguiente vulnerabilidad de todos los usuarios de la vía pública y de determinados tipos de ellos. En el conjunto de la región de la CESPAP (figura 1.7) y en Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental en particular (incluidas Australia y Nueva Zelanda), el grupo más vulnerable de usuarios de la vía pública son los conductores de vehículos de motor de dos y tres ruedas, que representan, respectivamente, el 43 % y el 36 % de todas las víctimas mortales relacionadas con el tráfico en la región. En Europa, que a nivel regional tiene el mejor historial en comparación con el resto del mundo, con 9,3 muertes por cada 100.000 habitantes, más de un 50 % menos que la región que ocupa el segundo lugar, el 48 % de las muertes por accidentes de tráfico corresponde a ocupantes de vehículos de cuatro ruedas. En América y Oriente Medio, el 34 % y el 39 % respectivamente de todas las víctimas mortales por accidentes de tráfico también corresponden a ese grupo de usuarios de la vía pública. Los peatones son los más vulnerables en África, donde representan el 40 % de todas las víctimas mortales por accidentes de tráfico, y en Oriente Medio, donde esos usuarios representan el 34 % de las víctimas mortales por accidentes de tráfico de la región. En las regiones en las que la cultura de la bicicleta está más desarrollada es donde esos UVVP se ven más afectados en los accidentes de tráfico. En Europa los ciclistas representan el 5 % de las víctimas mortales, mientras que en el Pacífico Occidental suponen el 6 % de todas las muertes relacionadas con el tráfico<sup>3</sup>.

**Figura 1.7 – Víctimas mortales por tipo de usuario de la carretera en la región de la CESPAP en 2016 (fuente: OMS, 2018)**



### Marcos de las Naciones Unidas que abordan la seguridad vial

En resumen, los factores que influyen en los accidentes son una derivada de los elementos que se unen para definir el tráfico, a saber, las leyes y normas pertinentes y su aplicación, la calidad de la infraestructura y la gestión del tráfico, la construcción y el estado del vehículo y el comportamiento de su conductor y de los pasajeros. En reconocimiento de ese hecho, en el Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial de las Naciones Unidas se recomendó que se llevaran a cabo actividades encaminadas a mejorar la seguridad vial a nivel local, nacional, regional y mundial siguiendo cinco pilares (figura 1.8)

**Figura 1.8 – Pilares del Decenio de Acción de las Naciones Unidas**



<sup>3</sup> Los datos sobre las víctimas mortales por tipo de usuario de la carretera proceden de la OMS, 2018.

En el Plan Mundial se alienta el despliegue universal de mejores tecnologías de seguridad pasiva y activa en los vehículos, combinando la armonización de las normas mundiales pertinentes, los sistemas de información a los consumidores y los incentivos destinados a acelerar la introducción de nuevas tecnologías. Algunas de las vías recomendadas para ello son:

- Alentar a los Estados Miembros a que apliquen y promulguen las reglamentaciones de seguridad relativas a los vehículos de motor elaboradas por el WP 29.
- Garantizar que todos los nuevos vehículos de motor estén equipados, como mínimo, con cinturones de seguridad y anclajes que cumplan los requisitos reglamentarios y las normas aplicables a los ensayos de colisión.
- Velar por el despliegue universal en las motocicletas de tecnologías de prevención de colisiones de eficacia demostrada, tales como los sistemas de control electrónico de la estabilidad y antibloqueo de la frenada.

En el marco de los ODS de las Naciones Unidas se establecen metas específicas para una mejora global de la seguridad vial, así como indicadores para supervisar los progresos realizados en la consecución de dichas metas. En la meta 3.6 se contempla reducir a la mitad el número de muertes y lesiones causadas por accidentes de tráfico en todo el mundo antes de 2020, mientras que en la meta 11.2 se establece que, antes de 2030, se deberá facilitar el acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad.

Para alcanzar esos objetivos, desde la perspectiva de la mejora del diseño y el comportamiento de los vehículos para aumentar la seguridad de los ocupantes en caso de accidente y de los sistemas activos de evitación de colisiones, el Grupo de Colaboración para la Seguridad Vial de las Naciones Unidas ha recomendado la adopción y aplicación a nivel nacional de un conjunto mínimo de Reglamentos de las Naciones Unidas sobre vehículos de carácter prioritario que se enumeran a continuación:

- Reglamentos núms. 14 y 16, en virtud de los cuales se impone la instalación de cinturones de seguridad en los vehículos en el momento de su fabricación y montaje y se establece que los puntos de anclaje de los cinturones de seguridad puedan soportar las fuerzas producidas durante una colisión, con el fin de minimizar el riesgo de desprendimiento del cinturón y garantizar que los ocupantes puedan ser retirados de sus asientos con seguridad tras un accidente.
- Reglamento núm. 78, relativo a los sistemas antibloqueo de frenos para motocicletas que ayudan al conductor a mantener el control durante una situación de frenado de emergencia y reducen la probabilidad que se produzca un accidente y las consiguientes lesiones.
- Reglamentos núms. 94 y 95, relativos a la protección contra impactos frontales y laterales, en virtud de los cuales se garantiza que los vehículos soporten los impactos y protejan a los ocupantes en caso de colisiones frontales y laterales, de acuerdo con los parámetros de ensayo específicos definidos en los propios Reglamentos.
- Reglamento núm. 127, sobre protección frontal para los peatones, en el que se establecen disposiciones para suavizar la acción de los paragolpes y modificar la parte delantera de los vehículos a fin de eliminar estructuras innecesariamente rígidas, permitiendo así reducir la gravedad y las consecuencias de los impactos contra los peatones.
- Reglamento núm. 129, sobre la mejora de los sistemas de sujeción de niños, en el que se establecen los requisitos de diseño y prestaciones de esos sistemas, se garantiza que esos instalen y se fijen en su lugar de forma segura en los vehículos mediante sus cinturones de seguridad o mediante la incorporación de puntos de anclaje de sujeción de niños ISOFIX.
- Reglamento núm. 140, sobre el control electrónico de la estabilidad (ESC), en el que se establecen los requisitos de funcionamiento de un sistema que evita el derrape y la pérdida de control del vehículo en casos de sobreviraje y subviraje. Es eficaz para evitar vuelcos y colisiones de un solo vehículo, y para reducir colisiones que, sin el ESC, hubieran podido provocar víctimas mortales o lesiones graves.

Los Reglamentos sobre vehículos de las Naciones Unidas se elaboran en el marco del WP.29. El WP.29 es un foro normativo mundial en el que participan las partes interesadas, incluidos los reguladores de los Gobiernos nacionales; la industria del automóvil; los fabricantes de vehículos y equipos; las organizaciones intergubernamentales especializadas; el mundo académico; y los grupos de consumidores, para desarrollar y armonizar las normas más avanzadas aplicables a los vehículos. Tres Acuerdos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos a motor, aprobados en 1958, 1997 y 1998 (recuadro 1), ofrecen un marco jurídico que permite a las partes contratantes establecer instrumentos normativos armonizados a nivel internacional para la certificación de los vehículos de motor, sus piezas y equipos, y normas para la inspección técnica de los vehículos en servicio. El marco reglamentario elaborado por el WP.29 permite la introducción masiva en el mercado de tecnologías innovadoras en el terreno de los vehículos, al tiempo que se mejoran continuamente la seguridad de los vehículos, su eficiencia energética y su desempeño ambiental a nivel mundial.

Los países que se suman al W.29 pasan a integrar una plataforma mundial en la que se examina y aprueba la reglamentación técnica más avanzada, lo que reduce la carga administrativa para las partes contratantes y facilita la adopción de especificaciones técnicas armonizadas para un despliegue más rápido de las tecnologías para los vehículos encaminadas a lograr una movilidad más segura.

#### Recuadro 1 – Acuerdos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos

- Acuerdo de 1958 relativo a la Adopción de Prescripciones Técnicas Uniformes para Vehículos de Ruedas, Equipos y Repuestos que Puedan Montarse o Utilizarse en esos Vehículos y las Condiciones para el Reconocimiento Recíproco de las Homologaciones Concedidas sobre la Base de esas Prescripciones (Revisión 3).
- Acuerdo de 1997 relativo a la Adopción de Condiciones Uniformes para la Inspección Técnica Periódica de los Vehículos de Ruedas y el Reconocimiento Recíproco de las Inspecciones.
- Acuerdo de 1998 sobre el Establecimiento de Reglamentos Técnicos Mundiales Aplicables a los Vehículos de Ruedas y a los Equipos y Piezas que Puedan Montarse o Utilizarse en Esos Vehículos.

Es importante destacar que la lista que figura más arriba comprende solo un número limitado de Reglamentos sobre vehículos de las Naciones Unidas relacionados con la seguridad. Sin embargo, se trata del conjunto mínimo de esos Reglamentos que la comunidad de expertos en seguridad vial y de los vehículos recomienda como indispensables para reducir las tasas de víctimas mortales y lesiones por accidentes de tráfico. En el cuadro 1 que figura a continuación se muestra un catálogo más completo de los Reglamentos sobre vehículos de las Naciones Unidas cuya adopción y aplicación garantiza la mejora de la seguridad de todas las categorías de participantes en el tráfico por carretera. En el capítulo 2 se presenta el WP.29, los Acuerdos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos a motor y sus Reglamentos anexos, así como los beneficios que pueden esperar los países que se adhieran a los Acuerdos y apliquen los Reglamentos.

**CUADRO 1**
**Reglamentos de las Naciones Unidas sobre vehículos más importantes para marcar una diferencia en la seguridad vial**

| Tema   | Automóviles para pasajeros<br>Reglamento de las Naciones Unidas | Vehículos a motor de dos ruedas<br>Reglamento de las Naciones Unidas | Vehículos comerciales<br>Reglamento de las Naciones Unidas |
|--|---|--|--|
| <b>Seguridad activa</b>                                    |   |  |  |
| Frenos   | R13 H (incl. ABS)   | R 78 (incl. ABS) RTM 3   | R 13 (incl. ESC)   |
| Control electrónico de la estabilidad                      | R 140 / RTM 8   |  |  |
| Dirección  | R 79  |  | R 79   |
| Neumáticos   | R 30 / RTM 16   | R75  | R 54   |
| Elementos mecánicos  |   |  | R 55   |
| <b>Seguridad pasiva</b>                                    |   |  |  |
| Cascos   |   | R22  |  |
| Anclajes de los cinturones de seguridad                    | R 14  |  | R 14   |
| Cinturones de seguridad                                    | R 16  |  | R 16   |
| Asientos/reposacabezas                                     | R 17, R 25 / RTM 7  |  |  |
| Colisión frontal   | R 94  |  |  |
| Colisión frontal/impacto lateral contra un poste           | R 95,   |  |  |
| Seguridad de los peatones                                  | R 135 / RTM 14  |  |  |
| Sujeción de niños  | R 127 / RTM 9   |  |  |
| Seguridad de los vehículos a motor eléctrico de dos ruedas | R 44  | R 136  |  |
| Resistencia de las cabinas                                 |   |  | R 29   |
| <b>Seguridad general</b>                                   |   |  |  |
| Autobuses y autocares                                      |   |  | R 107  |
| Vidrios de seguridad                                       | R 43 / RTM 6  |  | R 43   |
| Dispositivos de visión indirecta                           |   |  | R 46   |
| Protección contra el empotramiento                         |   |  | R 58; R 93   |
| <b>Alumbrado e instalación de las luces</b>                |   |  |  |
| Instalación del alumbrado                                  | R 48  | R 53, R 74   | R 48   |

## CAPÍTULO II

# El Foro Mundial y los Acuerdos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos a motor

El Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos de la CEPE, conocido también como WP.29, es la instancia mundial de reglamentación en la que interactúan los interesados pertinentes de todo el mundo. Tres Acuerdos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos a motor, aprobados en 1958, 1997 y 1998, ofrecen un marco jurídico que permite a las partes contratantes establecer instrumentos normativos armonizados a nivel internacional para la certificación de los vehículos de motor, sus piezas y equipos, y normas para la inspección técnica de los vehículos en servicio. El marco reglamentario elaborado por el WP.29 permite la introducción masiva en el mercado de tecnologías innovadoras en el terreno de los vehículos, al tiempo que se mejoran continuamente la seguridad de los vehículos, su eficiencia energética y su desempeño ambiental a nivel mundial<sup>4</sup>.

Los países que se suman al WP.29 pasan a integrar una plataforma mundial en la que se examina y aprueba la reglamentación técnica más avanzada, lo que reduce la carga administrativa para las partes contratantes y facilita la adopción de especificaciones técnicas armonizadas para un despliegue más rápido de tecnologías para los vehículos encaminadas a lograr una movilidad sostenible.

En el presente capítulo se ofrece un panorama general del WP.29, su estructura, los Acuerdos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos a motor que administra, y los beneficios que se derivan de la adhesión a los Acuerdos y la aplicación de los Reglamentos anexos, los Reglamentos Técnicos Mundiales (RTM) y las Reglas de las Naciones Unidas. Concluye con información sobre cómo los Gobiernos y los agentes no estatales pueden participar en la labor del WP.29 y con una lista de referencias que las partes interesadas pueden consultar para saber más sobre el WP.29, cómo funciona y cómo unirse a él, y sobre los Acuerdos relativos a los vehículos a motor y los Reglamentos anexos, los RTM y las Reglas de las Naciones Unidas.

### Construcción de vehículos más seguros y más respetuosos con el medio ambiente

El WP.29 fue creado por el CTI en 1952 para mitigar las externalidades en las esferas de la seguridad y el medio ambiente correspondientes a los vehículos de carretera y para facilitar el comercio internacional eliminando las barreras técnicas al comercio de vehículos. A finales del siglo pasado amplió su cobertura geográfica para incluir a cualquier país o región del sistema de las Naciones Unidas que quisiera cooperar en la mejora de la seguridad y el desempeño ambiental de los vehículos de carretera.

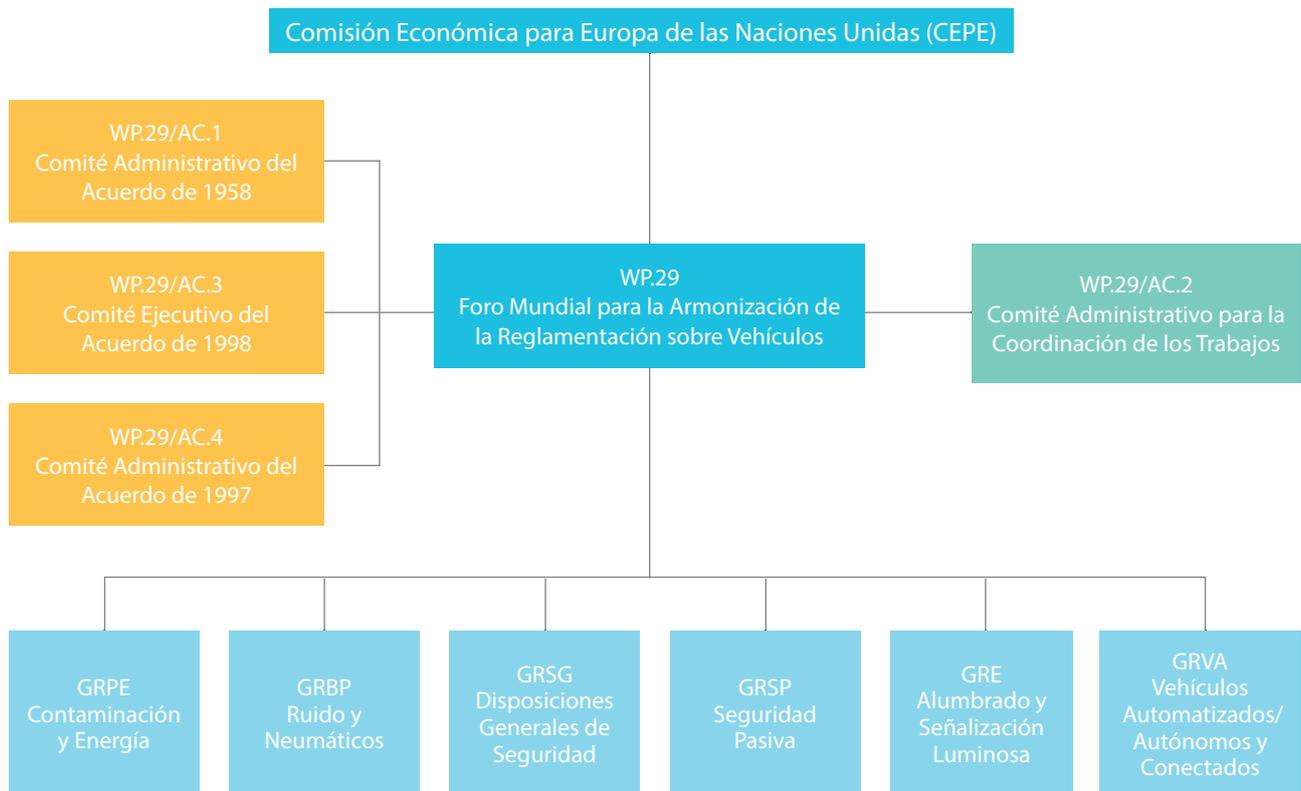
El WP.29 administra los siguientes tres Acuerdos de las Naciones Unidas:

- a) El Acuerdo relativo a la Adopción de Prescripciones Técnicas Uniformes para Vehículos de Ruedas, Equipos y Repuestos que Puedan Montarse o Utilizarse en esos Vehículos y las Condiciones para el Reconocimiento Recíproco de las Homologaciones Concedidas sobre la Base de esas Prescripciones (Revisión 3) (el Acuerdo de las Naciones Unidas de 1958);
- b) El Acuerdo de 1997 relativo a la Adopción de Condiciones Uniformes para la Inspección Técnica Periódica de los Vehículos de Ruedas y el Reconocimiento Recíproco de las Inspecciones (el Acuerdo de las Naciones Unidas de 1997);
- c) El Acuerdo de 1998 sobre el Establecimiento de Reglamentos Técnicos Mundiales Aplicables a los Vehículos de Ruedas y a los Equipos y Piezas que Puedan Montarse o Utilizarse en Esos Vehículos (el Acuerdo de las Naciones Unidas de 1998).

El WP.29 vela por la coherencia entre los Reglamentos, las Reglas y los RTM de las Naciones Unidas elaborados dentro del marco jurídico de esos tres Acuerdos. La gestión cotidiana de las actividades del WP.29 está a cargo de la Secretaría de la CEPE, concretamente de su División de Transporte Sostenible.

4 El texto del presente capítulo se basa en: 1. *Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos (WP.29) – Funcionamiento – Participación*, cuarta edición (Naciones Unidas, 2019); 2. Road Maps for accession to and implementation of the United Nations 1958 and 1997 Agreements (ECE/TRANS/WP.29/2018/163); y 3. Road Map for accession to and implementation of the United Nations 1998 Agreement (ECE/TRANS/WP.29/2019/30).

Figura 2.1 – Estructura del WP.29



Leyenda:



El trabajo del WP.29 es transparente: en su sitio web puede accederse libremente a los programas, documentos de trabajo, informes y documentos informales, así como a los Acuerdos y sus Reglamentos conexos, los Reglamentos Técnicos Mundiales y las Reglas de las Naciones Unidas, además de todos los documentos de sus grupos de trabajo informales.

El WP.29 celebra tres períodos ordinarios de sesiones al año. Los Grupos de Trabajo Subsidiarios de Expertos celebran dos períodos de sesiones cada año. El Comité Administrativo para la Coordinación de los Trabajos (WP.29/AC.2) se reúne antes de cada período de sesiones del WP.29.

Los principales temas examinados por los Grupos de Trabajo de Expertos son los siguientes.

### A. Seguridad activa de los vehículos y de sus componentes (evitación de accidentes)

Los Reglamentos y RTM de las Naciones Unidas tratan de mejorar el comportamiento, la conducción y el equipo de los vehículos para reducir la posibilidad de accidentes. Algunos de los Reglamentos apuntan a mejorar la capacidad de los conductores para detectar y evitar los peligros. Otros buscan aumentar su capacidad para mantener el control del vehículo. Como ejemplos concretos de Reglamentos de las Naciones Unidas vigentes cabe citar los relativos a los dispositivos de alumbrado y la señalización luminosa, los frenos y los dispositivos de rodadura, con inclusión de la dirección, los neumáticos y la estabilidad al vuelco, ámbitos en que la tecnología está cambiando con rapidez.

## B. Seguridad pasiva de los vehículos y de sus componentes (aptitud para resistir los impactos)

Los Reglamentos y RTM de las Naciones Unidas tienen por objeto reducir al mínimo el riesgo para los ocupantes de los vehículos y otros usuarios de la vía pública y la gravedad de las lesiones en caso de accidente. La amplia labor de análisis de las estadísticas sobre los accidentes permite determinar los problemas de seguridad y, en algunos casos, da lugar a la elaboración de un nuevo Reglamento o RTM, o a la modificación de los ya existentes. Las estadísticas también permiten organizar un enfoque eficaz en relación con el costo para mejorar los requisitos relativos a las prestaciones. Eso reviste importancia en el efecto general de los nuevos requisitos en la construcción, el diseño y el precio de los vehículos. Algunos ejemplos concretos de la reglamentación de las Naciones Unidas aplicable a los vehículos se refieren a la capacidad de la estructura del vehículo para absorber la energía del impacto y resistir a la intrusión en el habitáculo; los sistemas de sujeción y protección de los ocupantes, niños o adultos; la estructura de los asientos; los vidrios; la sujeción y los seguros de las puertas; la protección de los peatones; y, en el caso de los ciclomotores y motocicletas, la calidad del casco protector de los motoristas. Esas tecnologías también cambian rápidamente y se vuelven más complejas, como en el caso de los dispositivos avanzados de protección que adaptan su actuación a las circunstancias específicas de cada colisión. Además, la modificación del parque de vehículos está generando problemas de compatibilidad.

## C. Consideraciones ambientales

Se han establecido Reglamentos y RTM de las Naciones Unidas específicos para hacer frente a los efectos en el medio ambiente (por ejemplo, las emisiones de gases contaminantes, partículas y CO<sub>2</sub> y el nivel de ruido) de los vehículos con motores de propulsión convencional, de hidrógeno y de pilas de combustible, eléctricos híbridos y completamente eléctricos. Esos Reglamentos y RTM se han adaptado, y se seguirán adaptando cada vez que sea necesario, a fin de tener en cuenta las nuevas tecnologías de propulsión encaminadas a producir vehículos más limpios y más respetuosos con el medio ambiente.

## D. Consideraciones generales de seguridad

Los Reglamentos y RTM de las Naciones Unidas en esta esfera se centran en las características de los vehículos y sus componentes que no guardan una relación directa con los temas antes mencionados. En esa categoría entran, por ejemplo, los limpiaparabrisas y lavaparabrisas, los controles y pantallas, los dispositivos de visión indirecta y los vidrios. También entran la prevención del robo, los sistemas automáticos de llamada de emergencia en caso de accidente y las consideraciones relativas a los vehículos propulsados por gas y los vehículos de transporte público, para los que la elaboración de los requisitos en materia de prestaciones requiere conocimientos especializados.

## E. Vehículos automatizados/autónomos y conectados

Se están elaborando disposiciones técnicas relativas a los aspectos específicos de la conectividad y la automatización de los vehículos. Esa labor es necesaria para integrar las tecnologías innovadoras en el sistema de transporte actual y aprovechar los beneficios que pueden reportar: mayor seguridad vial, menos daños al medio ambiente causados por los vehículos de transporte por carretera, menos congestión y, posiblemente, nuevos tipos de servicios de movilidad.

A veces, hay problemas concretos que es necesario resolver urgentemente o que deben ser examinados por personas con conocimientos especiales. En esos casos, se puede encomendar el análisis del problema a un grupo de trabajo informal e invitarlo a que prepare y proponga un nuevo Reglamento, RTM o Regla de las Naciones Unidas. Aunque hasta ahora esos casos se han reducido al mínimo, la rápida aparición de nuevas tecnologías cada vez más complejas está haciendo cada vez más necesario recurrir a esa modalidad de trabajo especial.

El WP.29 remite las propuestas de nuevos Reglamentos, RTM y Reglas de las Naciones Unidas que se le presentan, así como las propuestas de enmienda de los ya existentes, a sus órganos subsidiarios, que preparan recomendaciones técnicas al respecto (véase la figura 2.1). Cada órgano subsidiario está integrado por expertos especializados. La distribución actual de los temas entre los órganos subsidiarios data de la época de los primeros "Groupes des Rapporteurs", algunos de los cuales se fusionaron posteriormente para constituir las "Reuniones de Expertos". El trabajo de los órganos subsidiarios ha resultado ser tan útil e indispensable que han adquirido carácter permanente en el marco de la CEPE y se les ha dado la denominación de "Grupos de Trabajo". En el diagrama 1 pueden verse los seis Grupos de Trabajo que hay en la actualidad. El acrónimo "GR" (que viene de la época de los "Groupes des Rapporteurs") y los nombres tradicionales de esos grupos en francés se siguen utilizando en las siglas de los grupos de trabajo y en la signatura de sus documentos.

## El Acuerdo de 1958

El Acuerdo de 1958, concluido el 20 de marzo de 1958, entró en vigor el 20 de junio de 1959 y fue modificado el 10 de noviembre de 1967 y revisado el 16 de octubre de 1995 y el 17 de septiembre de 2017. En el Acuerdo se establecen los Reglamentos técnicos armonizados de las Naciones Unidas para la homologación/certificación de los nuevos vehículos destinados al tráfico rodado, sus equipos y sus piezas, incluidas las disposiciones relativas a la aceptación recíproca de las homologaciones otorgadas de acuerdo con los Reglamentos anexos. En esos Reglamentos adoptados por las partes contratantes en el Acuerdo de 1958 se regulan la homologación de los vehículos de carretera y de sus equipos y piezas en venta en esos países. En el Acuerdo se abordan los requisitos impuestos a los vehículos en materia de seguridad vial, el desempeño ambiental (contaminación atmosférica y acústica), la eficiencia energética y la seguridad física.

El Acuerdo de 1958 cuenta actualmente con 57 partes contratantes, de las cuales 45 son países miembros de la CEPE. Las otras partes contratantes son la Unión Europea (organización regional de integración económica), Australia, Nueva Zelanda, el Japón, la República de Corea, Malasia, Tailandia, Sudáfrica, Túnez, Egipto, Nigeria y el Pakistán.

En 2020, el Acuerdo tenía anexos 157 Reglamentos de las Naciones Unidas. Esos Reglamentos abarcan todas las categorías de vehículos de carretera y de maquinaria móvil que no transita por carretera, así como sus equipos y sus piezas, y han sido adoptados en diversos grados por las partes contratantes. El reconocimiento recíproco de las homologaciones por las partes contratantes que aplican los Reglamentos ha facilitado el comercio de vehículos de motor y sus equipos, en un principio en Europa y posteriormente en todo el mundo.

En los últimos años, la Unión Europea ha decidido reemplazar el mayor número posible de Directivas de la Unión Europea por los Reglamentos de las Naciones Unidas anexos al Acuerdo de 1958, e introducir en su legislación referencias directas a esos Reglamentos. El 14 de septiembre de 2017 entró en vigor la Revisión 3 del Acuerdo de 1958.

Hasta no hace mucho, el reconocimiento recíproco en virtud del Acuerdo se aplicaba a los sistemas, piezas y equipos de los vehículos, pero no al vehículo entero. En julio de 2018 entró en vigor el Reglamento de las Naciones Unidas núm. 0, sobre la homologación internacional del vehículo entero. Ese Reglamento facilita el reconocimiento recíproco de la homologación del vehículo entero.

## Ventajas de la adhesión al Acuerdo de 1958

Los Reglamentos de las Naciones Unidas se elaboran con las disposiciones más estrictas en cuanto a la seguridad y el desempeño ambiental de los vehículos. La adhesión a los acuerdos y la aplicación obligatoria de los Reglamentos para la matriculación de vehículos dará lugar a vehículos más seguros y respetuosos con el medio ambiente. En el Plan de Acción de las Naciones Unidas para el Decenio de la Seguridad Vial se recomienda la adhesión al Acuerdo y la aplicación de sus Reglamentos anexos. El tercer pilar de ese Plan de Acción Mundial está dedicado a la seguridad de los vehículos y en él se recomienda la aplicación de los Reglamentos, los RTM y las Reglas de las Naciones Unidas elaboradas por el WP.29.

Una parte contratante que haya decidido aplicar un Reglamento anexo al Acuerdo puede conceder homologaciones para los equipos y piezas de vehículos de motor que abarque dicho Reglamento. Dicha parte contratante estará obligada a aceptar la homologación de cualquier otra parte contratante que aplique el mismo Reglamento. Ese es uno de los elementos clave del Acuerdo de 1958. Mediante el sistema de reconocimiento mutuo de las homologaciones se eliminan las barreras técnicas al comercio.

El Acuerdo facilita la elaboración de normativas nacionales sobre vehículos. La elaboración de una nueva normativa sobre vehículos es un proceso complejo, largo y muy costoso. Mediante la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas, de probada eficacia, los países tienen acceso rápido y gratuito a todo un conjunto de requisitos técnicos en materia de prestaciones para los vehículos.

El Acuerdo ofrece flexibilidad en la aplicación de los Reglamentos. Al adherirse al Acuerdo, la parte contratante puede seleccionar libremente los Reglamentos que se propone aplicar, en su caso. La parte contratante puede, en cualquier momento, adoptar la decisión de aplicar cualquier otro Reglamento. Cualquier parte contratante puede adoptar la decisión de dejar de aplicar cualquier Reglamento. Los Reglamentos también pueden actuar como adiciones a las normativas nacionales, ya que las partes contratantes que aplican un Reglamento pueden derogar sus normativas nacionales o mantenerlas.

Mediante la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas, la industria de un país puede actualizar sus conocimientos tecnológicos para adaptar el proceso de fabricación de vehículos, equipos y piezas a las tecnologías más avanzadas. La adaptación de las normativas nacionales en paralelo con los Reglamentos puede facilitar la integración fluida de las innovaciones

tecnológicas. También sirve contribuye al desarrollo tecnológico de los servicios de la administración mediante el establecimiento de un Organismo de Homologación competente y sus servicios técnicos designados para la verificación y comprobación de las prestaciones de los vehículos.

La participación en la elaboración de los Reglamentos está abierta a todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas. No obstante, solo las partes contratantes en el Acuerdo pueden votar cuando se aprueba un nuevo Reglamento, o cuando se modifica uno ya vigente. Por tanto, convertirse en parte contratante ofrece a los Estados Miembros de la Organización la posibilidad de participar en el proceso mundial de reglamentación de los vehículos destinados al tráfico rodado. Las autoridades nacionales de las partes contratantes pueden conceder homologaciones a los fabricantes de vehículos y a sus proveedores con respecto a aquellos Reglamentos que sean de aplicación en el país y rechazar la matriculación de vehículos que no satisfagan las normas impuestas en dichos Reglamentos en su territorio de origen.

## Acuerdo de 1998 sobre los Reglamentos Técnicos Mundiales de las Naciones Unidas

El nombre oficial de Acuerdo de 1998 es “Acuerdo sobre el Establecimiento de Reglamentos Técnicos Mundiales Aplicables a los Vehículos de Ruedas y a los Equipos y Piezas que Puedan Montarse o Utilizarse en Esos Vehículos” —también conocido informalmente como Acuerdo Mundial de 1998.

El Acuerdo de 1998 se negoció y concluyó bajo los auspicios de la CEPE y se abrió a la firma el 25 de junio de 1998. Los Estados Unidos de América se convirtieron en el primer signatario. El 25 de agosto de 2000, el Acuerdo entró en vigor para ocho partes contratantes. En 2020 el Acuerdo contaba con 38 partes contratantes. Hasta la fecha, en el marco de ese Acuerdo se han establecido 20 RTM de las Naciones Unidas.

El objetivo final del Acuerdo de 1998 es mejorar continuamente la seguridad, disminuir la contaminación del medio ambiente y el consumo de energía y mejorar la protección contra el robo de los vehículos y de sus correspondientes partes y equipos mediante reglamentos técnicos armonizados a nivel mundial. Eso se logra estableciendo un marco reglamentario previsible para la industria mundial de la automoción, los consumidores y sus asociaciones. A diferencia del Acuerdo de 1958, en el Acuerdo de 1998 no se prevé el reconocimiento recíproco de las homologaciones, lo que permite que los países que no deseen o no puedan asumir las obligaciones derivadas del reconocimiento recíproco puedan participar eficazmente en la elaboración de los RTM, con independencia de los procedimientos de cumplimiento y control que hayan establecido.

En el Acuerdo de 1998 se establece un proceso que permite a países de todas las regiones del mundo elaborar conjuntamente RTM relativos a la seguridad, los sistemas de protección del medio ambiente, las fuentes de energía y la prevención del robo de los vehículos, sus equipos y sus piezas y aplicarlos de acuerdo con las disposiciones uniformes de los Reglamentos de las Naciones Unidas. Los equipos y las piezas comprenden, entre otras cosas, la estructura de los vehículos, sistemas de escape de gases, neumáticos, motores, silenciadores, alarmas antirrobo, dispositivos de alerta y sistemas de sujeción de niños.

En el Acuerdo de 1998 se tiene en cuenta a los países que emplean un “sistema de autocertificación”, en virtud del cual los fabricantes garantizan la conformidad de sus vehículos con las normas de seguridad pertinentes y los Gobiernos verifican dicha conformidad después de su comercialización. Se espera que los RTM establecidos en el marco del Acuerdo de 1998 y los Reglamentos establecidos en el marco del Acuerdo de 1958 incorporen mutuamente las nuevas disposiciones introducidas en los demás. Gracias a ello es posible armonizar la normativa con los países que emplean el sistema de autocertificación. No obstante, el sistema de homologación prescrito en los Reglamentos de las Naciones Unidas no está incluido en los RTM.

Para la preparación de nuevos RTM, en el Acuerdo se prevén dos enfoques diferentes. El primero consiste en la armonización de los reglamentos o normas existentes aplicados por las partes contratantes, mientras que el segundo implica la redacción de nuevos RTM relativos a esferas en las que anteriormente no existían.

En el Acuerdo se prevé que las normas existentes en las partes contratantes que pudieran ser objeto de armonización figuren en un Compendio de Posibles Reglamentos Técnicos Mundiales para que sea más fácil transformarlos en RTM. Un reglamento se añade al compendio si recibe el apoyo de al menos un tercio de los votos emitidos por las partes contratantes presentes, incluidos los de la Unión Europea, el Japón y los Estados Unidos de América.

### Ventajas de la adhesión al Acuerdo de 1998

La ventaja de la armonización internacional de las normativas es que no es necesario modificar las especificaciones de diseño de los vehículos para cumplir la regulación específica de cada país. Las especificaciones comunes de las piezas de los vehículos

reducirán el costo de desarrollo y producción y el precio de venta de los vehículos. También facilitará la homologación de los procedimientos de certificación, ampliará el mercado y dará a los consumidores una mayor variedad de opciones.

Los RTM de las Naciones Unidas se elaboran con las disposiciones más estrictas en cuanto a la seguridad y el desempeño ambiental de los vehículos. La adhesión a los acuerdos y la aplicación obligatoria de los RTM para la matriculación de vehículos dará lugar a la fabricación de vehículos más seguros y respetuosos con el medio ambiente.

El Acuerdo facilita la elaboración de una nueva normativa sobre vehículos, un proceso complejo, largo y muy costoso. Mediante la aplicación de los RTM de las Naciones Unidas, de probada eficacia, los países tienen acceso rápido y gratuito a todo un conjunto de requisitos técnicos en materia de prestaciones para los vehículos.

La industria automovilística nacional puede actualizar sus conocimientos tecnológicos y adaptar el proceso de fabricación de vehículos, equipos y piezas a las tecnologías más avanzadas. La adaptación de las normativas nacionales en paralelo con los RTM puede facilitar la integración fluida de las innovaciones tecnológicas.

La participación en la elaboración de los RTM está abierta a todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas. No obstante, solo las partes contratantes en el Acuerdo pueden votar cuando se establece un nuevo RTM, o cuando se modifica uno ya vigente. Los países, al ser partes contratantes en el Acuerdo y aplicar obligatoriamente un RTM, pueden rechazar la matriculación de vehículos que no satisfagan las normas impuestas en su territorio de origen.

Para muchos países, el Acuerdo de 1998 es el enfoque más inclusivo para trabajar colectivamente en la elaboración de disposiciones técnicas armonizadas. Es probable que, en lo que respecta a las nuevas tecnologías, las nuevas partes contratantes y demás interesados se impliquen en ese esfuerzo en mayor medida que en el pasado y se les deben dar todas las posibilidades de hacer contribuciones importantes. De hecho, es más fácil armonizar las tecnologías para las que todavía no se ha redactado una norma de evaluación de la responsabilidad civil que armonizar normas ya existentes (por ejemplo, sobre colisiones frontales). Desde su entrada en vigor, el Acuerdo ha contribuido a reducir las divergencias normativas entre los países que aplican regímenes de autocertificación frente a los que recurren a la homologación de tipo, estableciendo para los fabricantes unas condiciones equitativas, lo que facilita el comercio de vehículos en todo el mercado mundial.

Por último, el proceso de votación previsto en el Acuerdo permite que todos los países tengan el mismo peso en el desarrollo y el establecimiento de los RTM frente a las organizaciones regionales de integración económica.

#### Recuadro 2 – Los Acuerdos de 1958 y 1998

Los Reglamentos de las Naciones Unidas anexos al Acuerdo de 1958 y los RTM concluidos en el marco del Acuerdo de 1998 tienen como objetivo mejorar la seguridad, la protección y el desempeño ambiental de los vehículos destinados al tráfico rodado. En los Reglamentos y los RTM de las Naciones Unidas se abordan los requisitos en materia de prestaciones de los vehículos nuevos, sus equipos y piezas, incluido el control electrónico de la estabilidad (Reglamento núm. 140 / RTM núm. 8), la protección frente a impactos laterales contra un poste (Reglamento núm. 135 / RTM núm. 14), la seguridad de los peatones (Reglamento núm. 127 / RTM núm. 9) y muchos otros. En la mayoría de los casos, los Reglamentos y los RTM de las Naciones Unidas que se refieren a los mismos equipos y/o piezas de vehículos están armonizados.

La razón principal de que haya dos Acuerdos, a veces llamados paralelos, es que algunos países aplican el sistema de homologación de tipo mientras que otros mantienen un sistema de autocertificación. En el Acuerdo de 1958 se establece el sistema de homologación y se prevé el reconocimiento mutuo de las homologaciones entre los países que son partes en el Acuerdo y que aplican sus Reglamentos anexos. Por otra parte, en el Acuerdo de 1998 se prevé el desarrollo y la aplicación internacional de RTM para los vehículos, sus equipos y piezas, cuyo cumplimiento de la normativa puede ser controlado en el marco del sistema de autocertificación. El desarrollo de reglamentos armonizados que regulan la fabricación de vehículos, sus equipos y piezas en el marco de esos dos Acuerdos garantiza que los vehículos cumplirán los requisitos técnicos en los países que son partes en uno u otro indistintamente, independientemente de cuál de ellos sea y de si prefieren el sistema de homologación o el de autocertificación para garantizar el cumplimiento de la normativa. No obstante, cuando se transponen a la legislación nacional, las disposiciones de los Reglamentos y las de los RTM de las Naciones Unidas pueden aplicarse tanto en el sistema de homologación como en el de autocertificación. No hay limitaciones para que los Estados Miembros de las Naciones Unidas sean partes en ambos Acuerdos. De hecho, varios países lo son.

El sistema de homologación de tipo requiere que los vehículos destinados al tráfico rodado, sus equipos y piezas sean, antes de su comercialización, “homologados” por una autoridad nacional (Organismo de Homologación) tras la realización de los correspondientes ensayos por los servicios técnicos designados (entidades facultadas por el Organismo de Homologación para llevar a cabo los ensayos de los vehículos, sus equipos y piezas, de acuerdo con las disposiciones contenidas en los Reglamentos de las Naciones Unidas aplicables). Además, en el Acuerdo de 1958 se contempla un procedimiento de “conformidad de la producción” para garantizar que cada vehículo destinado al tráfico rodado, equipo o pieza producidos y comercializados se ajustan al tipo que fue sometido a ensayos y al que se concedió la homologación. Se establece la competencia del Organismo de Homologación para evaluar los procesos de gestión de la calidad del fabricante (“evaluación inicial”), a fin de comprobar la existencia de disposiciones y planes de control adecuados que garanticen la adecuación de un producto (“conformidad del producto”), y establecer procesos de verificación continua para supervisar la eficacia permanente de los sistemas y procesos de gestión de la calidad y de conformidad del producto.

En el sistema de autocertificación, por otra parte, se exige a los fabricantes que prueben y garanticen que los equipos y piezas de los vehículos instalados en los modelos que se comercializan satisfacen las disposiciones de todas las reglamentaciones aplicables a los equipos y piezas de los vehículos que se incorporan en su construcción. Los modelos que salen al mercado se someten a pruebas aleatorias por parte de agentes autorizados para verificar el cumplimiento de la normativa pertinente. En el sistema de autocertificación, en caso de que se determine que se ha producido un incumplimiento, los fabricantes pueden enfrentarse a graves multas y verse obligados a retirar los modelos en cuestión.

## El Acuerdo de 1997

El Acuerdo sobre la Inspección Técnica Periódica fue hecho en Viena el 13 de noviembre de 1997, durante la Conferencia Regional de la CEPE sobre el Transporte y el Medio Ambiente. El Acuerdo ofrece el marco y los procedimientos jurídicos adecuados para la adopción de Reglas uniformes de las Naciones Unidas sobre la realización de las inspecciones técnicas de los vehículos en servicio y la expedición de certificados de inspección internacionales. En 2020, el Acuerdo de 1997 contaba con 16 partes contratantes y bajo sus auspicios se habían establecido cuatro Reglas de las Naciones Unidas.

Las Reglas de las Naciones Unidas para la inspección de los vehículos anexas al Acuerdo se elaboraron con ayuda de los conocimientos técnicos de los participantes en el WP.29 y, en particular, del Comité internacional de l'inspection technique automobile (CITA). Concebidas inicialmente para los vehículos de carga pesados, esas Reglas se han ido ampliando y ahora se aplican también a los automóviles de pasajeros y los vehículos de carga ligeros. La Resolución R.E.6 (véase el anexo VII), relacionada con este tema, contiene directrices sobre las instalaciones y los equipos de ensayo, la capacitación y certificación de los inspectores, y el control de calidad para la supervisión de los centros de ensayos autorizados. Esas Reglas de las Naciones Unidas y la Resolución R.E.6 pueden ser útiles para los países que deseen introducir un sistema de inspección periódica en su legislación nacional, o reforzar el que ya tengan, aprovechando los conocimientos técnicos disponibles en el plano internacional.

El CITA, con su amplia composición internacional, ha ofrecido regularmente su cooperación y apoyo para la elaboración y actualización de las Reglas técnicas de las Naciones Unidas anexas al Acuerdo.

## Principales ventajas para las partes contratantes que aplican las Reglas

La aplicación del Acuerdo de 1997 y sus Reglas contribuye a aumentar la seguridad del parque de vehículos y su comportamiento en relación con el medio ambiente: las Reglas se han desarrollado para garantizar un nivel considerable de prestaciones tanto en lo que respecta a la seguridad como al desempeño ambiental durante toda la vida útil de los vehículos. También contribuye al cumplimiento de las recomendaciones del Plan de Acción de las Naciones Unidas para el Decenio de la Seguridad Vial, cuyo tercer pilar está dedicado a la construcción de vehículos más seguros y en el que se recomienda la aplicación de las Reglas de las Naciones Unidas sobre vehículos elaboradas por el WP.29.

El Acuerdo de 1997 facilita el reconocimiento mutuo de los certificados de inspección técnica periódica (ITP) y apoya la elaboración de normativas nacionales sobre vehículos. Una parte contratante que haya decidido aplicar una Regla anexa al Acuerdo tiene la ventaja de que su certificado de inspección será aceptado por las demás partes contratantes que aplican la misma Regla para la circulación transfronteriza de vehículos y mediante la aplicación de las Reglas, que han demostrado su eficacia, los países tienen acceso a un conjunto de normas relativas a la inspección técnica periódica sin costo alguno y sin ningún plazo de espera.

El Acuerdo de 1997 ofrece flexibilidad en la aplicación de las Reglas, ya que, al adherirse a él, una parte contratante puede elegir libremente qué Reglas pretende aplicar. Las partes contratantes pueden, en cualquier momento, adoptar la decisión de aplicar cualesquiera otras Reglas. De manera similar, cualquier parte contratante puede adoptar la decisión de dejar de aplicar cualquier Regla. Además, las partes contratantes pueden establecer sus propias esferas prioritarias en materia de seguridad y desempeño ambiental de los vehículos seleccionando el orden de aplicación de las Reglas.

La participación en el proceso de toma de decisiones para la elaboración de Reglas está abierta a todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas. No obstante, solo las partes contratantes en el Acuerdo pueden votar a la hora de establecer nuevas Reglas o adaptar a los adelantos técnicos las Reglas que aplican.

## Cómo convertirse en miembro del Foro Mundial

La participación en las actividades del WP.29 es de ámbito mundial y se fomenta mediante la cooperación entre los países y las organizaciones regionales de integración económica en las cuestiones técnicas que se someten a su consideración o la de sus grupos de trabajo. El WP.29 también alienta el diálogo abierto y transparente entre los funcionarios gubernamentales, los expertos técnicos en automoción y el público en general, para velar por que se adopten las mejores prácticas de seguridad y de protección del medio ambiente y por que se tenga en cuenta la relación costo-eficiencia al elaborar la reglamentación de las Naciones Unidas relativa a los vehículos. Los períodos de sesiones del WP.29 son públicos. Cualquier Gobierno u otra parte interesada puede asistir a las sesiones y observar los trabajos.

### *Participación de los Gobiernos*

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 1 del Mandato y el Reglamento del WP.29, cualquier país que sea miembro de las Naciones Unidas o cualquier organización regional de integración económica creada por países miembros de las Naciones Unidas puede participar plenamente o con carácter consultivo en las actividades del WP.29 y convertirse en parte contratante en los Acuerdos que este administra.

El procedimiento oficial para participar es muy sencillo: basta que el país o la organización regional de integración económica de que se trate haga llegar a la secretaría del WP.29 una carta firmada por un funcionario autorizado en que le notifique su deseo de enviar representantes a los períodos de sesiones del WP.29 y participar en sus actividades.

### *Participación de las organizaciones no gubernamentales*

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 1 del Mandato y el Reglamento del WP.29, las organizaciones no gubernamentales (ONG) pueden participar en ese órgano con carácter consultivo. Para ello, deben estar reconocidas como entidades de carácter consultivo por el ECOSOC. Cuando ese es el caso, las ONG pueden contribuir a los programas de trabajo y a los objetivos del WP.29 en calidad de asesores o expertos técnicos y consultores de los Gobiernos y de la secretaría. El número de ONG que participan en los períodos de sesiones del WP.29 o de sus órganos subsidiarios varía habitualmente entre 6 y 15, según el tema de que se trate. Ese número es menor en el caso de los grupos de trabajo subsidiarios y de los grupos de trabajo informales.

Las ONG hacen una contribución sustancial al proceso de elaboración de la reglamentación sobre vehículos de las Naciones Unidas en lo relativo a la seguridad, la eficiencia energética, la protección del medio ambiente y prevención del robo. A menudo aportan asesoramiento y datos técnicos. En casos especiales, invierten recursos en la realización de ensayos y análisis, y ponen los resultados a disposición de los expertos que elaboran la reglamentación sobre vehículos de las Naciones Unidas. En ocasiones, las ONG responden a las solicitudes de los expertos técnicos proponiendo nuevas normas o enmiendas de las ya existentes. También defienden determinadas posturas de política y prestan testimonio ante los órganos legislativos de los Gobiernos participantes. Las ONG que no están reconocidas como entidades consultivas por el ECOSOC pueden participar con carácter consultivo si así lo aprueba previamente el W.29/AC.2.

## Cómo pasar a ser parte contratante

Solo los países o las organizaciones regionales de integración económica pueden ser partes contratantes. Las partes contratantes en un Acuerdo administrado por el WP.29 están obligadas por el consentimiento dado al Acuerdo y por las disposiciones pertinentes de este. Las disposiciones incluyen la firma, la notificación de ratificación, la aceptación, la aprobación o la adhesión. Véanse el artículo 6 del Acuerdo de 1958, el artículo 9 del Acuerdo de 1998 y el artículo 4 del Acuerdo de 1997 (anexos II, III y IV, respectivamente).

Cuando un Acuerdo está abierto a la firma y un país o una organización regional de integración económica desea expresar mediante su firma el consentimiento a obligarse en virtud de dicho Acuerdo, la firma ha de ser efectuada:

- Personalmente por el Jefe de Estado, el Jefe de Gobierno o el Ministro de Relaciones Exteriores del país, o
- Por otra persona que esté en posesión de un instrumento válido de plenos poderes firmado por uno de los representantes arriba mencionados del país o la organización regional de integración económica de que se trate, en el que se indique claramente el título del Acuerdo y el nombre y cargo del funcionario autorizado a firmarlo.

En el momento de la firma o en el texto de los plenos poderes se indicará expresamente si la firma es definitiva o si está sujeta a ratificación.

Cuando el período de apertura a la firma haya concluido, los países o las organizaciones regionales de integración económica podrán expresar su consentimiento en obligarse por el Acuerdo depositando un instrumento de adhesión en poder del Secretario General de las Naciones Unidas.

### Material para facilitar para la adhesión y la aplicación de los Acuerdos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos

La secretaría del WP.29 ha elaborado varias publicaciones en las que se ofrece orientación detallada a las partes interesadas sobre todas las cuestiones relacionadas con la participación en el WP.29 y la adhesión y aplicación de los Acuerdos internacionales y los Reglamentos de las Naciones Unidas elaborados bajo sus auspicios.

La edición de 2019 del “Libro Azul” – *Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos (WP.29) – Funcionamiento – participación* (Naciones Unidas, 2019) – refleja la evolución del WP.29 desde 2012 (adopción de la Revisión 3 del Acuerdo de 1958, modificación del mandato y del reglamento, propuesta de modificación del Acuerdo de 1997, adopción de nuevas resoluciones y nueva estructura de los órganos subsidiarios del WP.29). Esa publicación proporciona la base y los métodos de funcionamiento del Foro Mundial. El objetivo principal de esa publicación es presentar la estructura orgánica y el proceso operativo del WP.29 y sus órganos subsidiarios, así como su relación con algunos acuerdos multinacionales específicos concertados bajo los auspicios de las Naciones Unidas. También se describen los tres principales acuerdos de la CEPE relativos a la reglamentación sobre vehículos. El “Libro Azul” está disponible en el sitio web del WP.29: <https://unece.org/es/transport/publications/unidasforo-mundial-para-la-armonizacion-de-la-reglamentacion-sobre-vehiculos>.

En las “hojas de ruta” se ofrece información más detallada sobre cómo prepararse para la adhesión y cómo aplicar los Acuerdos. Las hojas de ruta para la adhesión y la aplicación de los Acuerdos de 1958 y 1997 (ECE/TRANS/WP.29/2018/163) y del Acuerdo de 1998 (ECE/TRANS/WP.29/2019/30) tienen por objeto orientar a los países que desean adherirse al Acuerdo y aplicarlo, y se propone la puesta en práctica de las principales medidas que, de llevarse a cabo de manera adecuada y oportuna, darían lugar a la plena aplicación de los sistemas en un determinado territorio. Las hojas de ruta están disponibles en el sitio web del WP.29 – <https://unece.org/roadmap-accession>.

## CAPÍTULO III

### Efecto de la seguridad de los vehículos en la seguridad vial

Tanto los especialistas como el público en general utilizan ampliamente el término seguridad vial. Ese uso rara vez genera malentendidos graves, a pesar de que no existe una definición precisa o cuantitativa de la seguridad vial acordada a nivel mundial. El concepto general de seguridad se refiere a la ausencia de daños involuntarios a los seres vivos u objetos inanimados. Cuando un vehículo choca contra cualquier otro elemento se dice que se ha producido una colisión. Las colisiones pueden tener como consecuencias muertes, lesiones graves o leves y daños materiales.

Como se expuso en el capítulo I, las colisiones son el resultado de la conjunción de muchos factores. En lugar de centrarse en una sola causa, se suele pensar en una serie de factores que, de haber sido diferentes, habrían conducido a un resultado distinto. El objetivo del análisis de la seguridad es examinar esos factores de riesgo asociados a las colisiones con el fin de identificar aquellos que podrían modificarse mediante la adopción de contramedidas (o intervenciones) para mejorar la seguridad en el futuro. Las medidas de seguridad de carácter cuantitativo casi siempre se centran en la magnitud de la desviación con respecto a la ausencia total de cualquier tipo de daño, en lugar de centrarse directamente en la seguridad como tal.

El Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020 proporcionó un marco general para las actividades que pueden llevarse a cabo en el contexto del Decenio. Los tipos de actividades o "pilares" son:

- Fomento de la capacidad de gestión de la seguridad vial.
- Mejora de la seguridad de las infraestructuras viarias y de las redes de transporte en general.
- Desarrollo continuo de la seguridad de los vehículos; mejora del comportamiento de los usuarios de la vía pública.
- Mejora de la respuesta tras el accidente.

El propósito de esos pilares es abordar y mitigar los diversos factores que contribuyen a los accidentes de tráfico. Se han desarrollado indicadores para cuantificar los avances en cada una de esas esferas. Los Gobiernos, los organismos internacionales, las organizaciones de la sociedad civil, el sector privado y demás partes interesadas recurren al Plan como documento de orientación para los actos y actividades a las que prestarán apoyo en el marco del Decenio.

En el tercer pilar del Plan Mundial se hace referencia a unos vehículos más seguros. Las prestaciones en materia de seguridad de los vehículos destinados al transporte por carretera siguen siendo un problema importante en todo el mundo, si bien cabe señalar que en los países de renta alta los vehículos de motor son hoy mucho más seguros que antes. Ese es el resultado de un esfuerzo concertado para imponer normas obligatorias para la construcción de vehículos, sus equipos y piezas, y la transmisión de información al consumidor para mejorar las prestaciones de los vehículos de motor en materia de seguridad. Los responsables políticos y la industria automovilística conceden la máxima prioridad al desarrollo y la aplicación de medidas encaminadas, por un lado, a evitar totalmente las colisiones y, por otro, a reducir la gravedad de las consecuencias de esas colisiones cuando se producen. Las mejoras en el diseño de los vehículos introducidas en los últimos decenios han contribuido considerablemente a reducir el riesgo de muerte en caso de accidente. La protección que confiere de los ocupantes de un vehículo el uso del cinturón de seguridad reduce el riesgo de mortalidad en un 42 % (el cinturón de seguridad más el airbag en un 47 %), por lo que un conductor que circula en un automóvil moderno con cinturón de seguridad tiene menos de la mitad de probabilidades de morir que un conductor que circulase en un automóvil de los años cincuenta de masa similar en un accidente idéntico. Se trata de un gran logro que ha salvado muchas vidas. Por lo tanto, en el marco del Decenio de Acción de las Naciones Unidas se ha identificado y recomendado un conjunto mínimo de reglamentos sobre vehículos que, si se adoptan y aplican, pueden contribuir de forma significativa a mejorar los resultados de los países en materia de seguridad vial (cuadro 1).

#### Seguridad pasiva y activa

La mayor contribución a la seguridad de los vehículos en los últimos 50 años ha sido la mejora de la protección de los ocupantes o la resistencia a la colisión. También se denomina seguridad pasiva (o seguridad secundaria) y se refiere a los elementos de

ingeniería destinados a reducir los daños cuando se produce una colisión específica. Como ejemplos pueden citarse el acolchado del interior del vehículo; el colapso durante la colisión de las estructuras que no estén cerca del ocupante, al tiempo que se mantiene la integridad del habitáculo para evitar la intrusión de los objetos golpeados; y los dispositivos como los airbags y las columnas de dirección telescópicas. La reducción del riesgo de incendio posterior es también una característica de la resistencia a la colisión.

Las normas de los ensayos de colisión y los programas independientes de calificación por los consumidores han contribuido a lograr una reducción significativa del número de víctimas mortales por accidentes de tráfico, aun teniendo en cuenta que la exposición a las lesiones ha aumentado sustancialmente debido al aumento del uso de los vehículos. Esto es especialmente cierto en los mercados de los países de renta alta y media-alta, en los que un elevado número de elementos de seguridad pasiva de los vehículos forman parte del equipamiento obligatorio incluso en los modelos más baratos. En su informe de 2015, la NHTSA estimó que entre 1960 y 2012 se salvaron más de 600.000 vidas en los Estados Unidos como resultado de las tecnologías de seguridad exigidas por las normas federales de seguridad de los vehículos de motor (Kahane, 2015). En los países de la Unión Europea se registró una reducción del 55 % en el número de muertes de ocupantes de automóviles entre 2001 y 2012 (Jost *et al.*, 2014). En un análisis de los índices de colisión de vehículos en el estado de Nueva Gales del Sur (Australia), se estima que el riesgo de muerte de los ocupantes de los vehículos construidos en 2010 era un 75 % menor que el de los construidos en 1995 (Anderson y Searson, 2014). Los beneficios derivados de la mejora de la resistencia a la colisión se complementan ahora con los sistemas de seguridad activa, que pueden reducir la velocidad a la que se producen los posibles impactos o evitarlos por completo, y mantendrán la contribución positiva que la introducción de la tecnología en los vehículos ha hecho a la reducción del número de víctimas mortales por accidentes de tráfico.

En términos generales, se consideran tecnologías anticolidión las destinadas a prevenir la colisión de los vehículos. Esas medidas de ingeniería incluyen mejoras en el alumbrado y la señalización luminosa, el frenado y la marcha, la dirección y la estabilidad al vuelco, así como, por ejemplo, la introducción en los vehículos de aplicaciones tecnológicas de detección de la proximidad de otros objetos. La primera tecnología anticolidión, o de seguridad activa, fueron los frenos antibloqueo (ABS) y, más recientemente, el control electrónico de estabilidad (ESC), que evita los derrapes incontrolados. El ESC detecta si los movimientos de la dirección del conductor son coherentes con el sentido de la marcha del vehículo. Si no es así, el ESC aplica el freno a una de las ruedas (mediante el ABS) para corregir el deslizamiento.

En un resumen de casi veinte estudios sobre la eficacia del ESC realizados en América del Norte, Europa y el Japón entre 2001 y 2009 se afirma que el ESC es muy eficaz (la eficacia oscila entre un 18 % y un 73 %, dependiendo del tipo de colisión, las condiciones y los resultados de las víctimas de los distintos escenarios analizados) para reducir las colisiones de un único vehículo, las salidas de la vía, la invasión del carril contrario, la pérdida de control y los vuelcos, así como para reducir el riesgo de muerte y de lesiones graves en vehículos de turismo y todo terreno (Fitzharris *et al.*, 2010, págs. 15 a 23). El ESC es ya obligatorio en todos los vehículos nuevos en Australia, el Canadá, Corea del Sur, los Estados Unidos de América, el Japón, Nueva Zelanda y la Unión Europea. En 2014, el ESC se hizo obligatorio en todos los coches nuevos de la Unión Europea, donde se estima que ha evitado al menos 188.500 accidentes con heridos y ha salvado más de 6.100 vidas desde 1995<sup>5</sup>.

### Efecto de las tecnologías incluidas en los Reglamentos sobre vehículos recomendados en el marco del Decenio de Acción de las Naciones Unidas

La construcción de vehículos, su equipamiento y sus piezas no suelen estar regulados en los mercados emergentes en la misma medida que en las regiones industrializadas. Los índices de siniestralidad observados en los países en desarrollo son considerablemente más altos y la falta de regulación en materia de seguridad de los vehículos es responsable, al menos en parte, de esa diferencia. Con el rápido crecimiento de los parques de vehículos de pasajeros, el número de muertes por accidentes de tráfico ha ido en aumento y se prevé que esa tendencia continúe si la normativa se estanca en un escenario sin cambios. El efecto de las tecnologías de seguridad de los vehículos en la prevención de muertes y lesiones se ha examinado ampliamente en la bibliografía científica y en informes sectoriales preparados por los Gobiernos, las organizaciones intergubernamentales y la industria automovilística de todo el mundo. El propósito de los estudios de evaluación es cuantificar el efecto de las tecnologías relacionadas con la seguridad cuando su uso se impone mediante normativas o estimar el posible efecto de su imposición, es decir, elaborar una proyección de la posible reducción del número de víctimas mortales y de heridos que cabe esperar como resultado de las normativas en virtud de las cuales se impone el uso de esas tecnologías. La evaluación de la tecnología es uno de los pasos dentro del proceso completo de evaluación de los efectos que precede a la promulgación de reglamentos relativos a la

5 Información procedente de: <http://www.globalncap.org/electronic-stability-control-esc-must-become-standard-fit-worldwide-says-global-ncap/>.

seguridad de los vehículos. El proceso se describe detalladamente en los próximos capítulos. En la sección siguiente se presenta un panorama general de los estudios de evaluación del efecto realizados para una serie de tecnologías que se contemplan en la reglamentación sobre vehículos, incluidos los que se mencionan en el marco del Decenio de Acción de las Naciones Unidas como conjunto mínimo de Reglamentos en materia de seguridad de vehículos cuya adopción se recomienda para mejorar la seguridad vial, así como de los resultados de dichos estudios.

Antes de entrar en los ejemplos de estudios de evaluación del efecto de la regulación, es importante tener en cuenta lo que representan los reglamentos que aquí se analizan. Mediante esos reglamentos, como el de impacto frontal y el de impacto lateral, no se pretende imponer alguna particularidad de los sistemas de seguridad o de su diseño, sino unos requisitos específicos en materia de prestaciones que habrán de verificarse mediante exhaustivos procedimientos de ensayo para comprobar si el vehículo objeto de ensayo puede ofrecer el nivel exigido de protección de los pasajeros. Para ilustrarlo con un ejemplo, para cumplir los requisitos del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 95, que incluye un procedimiento de ensayo en el que se somete a un vehículo al impacto de una barrera móvil que circula a 50 km/h, los fabricantes de automóviles utilizan diferentes soluciones como: acolchados laterales incorporados en el guarnecido de las puertas, airbag lateral de tórax incorporado en el asiento del pasajero o en el guarnecido de la puerta, airbag lateral de cortina instalado en el techo del vehículo, y diversos refuerzos estructurales en toda la estructura de la carrocería. Así pues, corresponde a los fabricantes de automóviles decidir qué materiales y diseños aplicar para cumplir, por ejemplo, los requisitos contenidos en los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 94 y 95. Del mismo modo, la reglamentación sobre alumbrado exige que los faros satisfagan determinadas especificaciones fotométricas, como la extensión, el color y la intensidad de la luz emitida, pero su diseño no se limita a una forma específica, como redonda o cuadrada.

También es importante señalar que el cálculo del número de vidas salvadas y que se podrían salvar no se realiza mediante un examen caso por caso de los accidentes graves. Sería difícil, muy subjetivo y especulativo concluir que, en un determinado accidente, un ocupante no murió porque utilizó el cinturón o porque se desplegó el airbag, o que murió porque no utilizó el sistema de sujeción. La modelización se basa en el número de víctimas mortales, los medios de sujeción que se utilizaron y la eficacia de esos medios para evitar las muertes. Los índices de eficacia de las tecnologías de seguridad o de los elementos estructurales de los vehículos se calculan a partir de los datos históricos de colisiones mediante métodos estadísticos, como la regresión logística, para desglosar los efectos de los diversos sistemas de seguridad instalados o activados en un determinado tipo de colisión (frontal, lateral, etc.).

### Protección contra impactos laterales

El objetivo de los Reglamentos núms. 95 y 135 y del RTM núm. 14, es reducir el riesgo de muerte o lesiones graves de los ocupantes de los vehículos en las colisiones laterales limitando las fuerzas, las aceleraciones y las deformaciones experimentadas por los dispositivos antropomórficos en los ensayos de colisión lateral con poste y por otros medios. Las contramedidas de seguridad pasiva utilizadas en los vehículos para cumplir con los requisitos del RTM núm. 14 sirven para reducir el riesgo de lesiones en las colisiones laterales contra postes, así como en otras colisiones laterales, incluidas las muy graves entre vehículos o aquellas en las que existe riesgo de lesiones en la cabeza, que no se simularon en los anteriores ensayos reglamentarios de colisión con una barrera debido a la incompatibilidad geométrica entre los vehículos. También se observan ventajas en cuanto a la mitigación de los efectos de las colisiones por vuelco (ECE/TRANS/180/Add.14, pág. 5). Es razonable suponer que, gracias a la aplicación del RTM núm. 14, se evita una cierta proporción de las muertes y lesiones por vuelco. El principal beneficio de las contramedidas frente al impacto lateral contra un poste en cuanto a la protección de los ocupantes del vehículo en caso de vuelco es la prevención de la eyección a través de las ventanillas laterales. Es posible que eso solo sea eficaz en una parte de las colisiones, ya que es necesario que los sensores detecten los vuelcos sin impacto lateral (a menos que el vuelco se inicie por un impacto de ese tipo) y que la cortina desplegada cubra la zona de la ventanilla y permanezca en su lugar el tiempo suficiente para evitar la eyección (ECE/TRANS/180/Add.14, pág. 12).

Con el estudio sobre las prioridades para la mejora de la protección contra impactos laterales en los automóviles que cumplen el Reglamento núm. 95 de las Naciones Unidas (Thomas *et al.*, 2009) se trata de estimar la eficacia de ese Reglamento en la prevención de las víctimas resultantes de las colisiones laterales entre vehículos que tuvieron lugar en 2005. Los autores realizan un análisis comparativo de los casos de tres países: Francia, Suecia y el Reino Unido utilizando para ello datos de las respectivas bases de datos nacionales de accidentes (BAAC, STRADA y STATS 19). Se analiza el efecto del Reglamento comparando los índices de siniestralidad de los vehículos matriculados en cada país antes y después de 2003, año en que todos los vehículos nuevos vendidos en esos países debían cumplir los requisitos de la norma sobre impactos laterales. Los resultados muestran que los índices de siniestralidad en impactos laterales de los ocupantes de los vehículos nuevos matriculados después de 2003 fueron en Francia un 26 %, en

Suecia un 61 % y en el Reino Unido un 3 % más bajos en comparación con los correspondientes a los modelos anteriores. Los datos indican que se habían logrado mejoras en la seguridad en el período considerado como consecuencia de la introducción del Reglamento núm. 95, mientras que la variación en el rango de reducción de víctimas observado (entre el 3 % y el 61 %) puede explicarse como consecuencia de las diferentes prácticas de muestreo de datos en los tres países estudiados. Los autores afirman que la disponibilidad de datos representativos de las colisiones es fundamental para el desarrollo de criterios pertinentes acerca de las prestaciones que permitan reducir los efectos de las colisiones.

En un estudio preparado por el Injury Research Institute Accident Research Centre de la Universidad de Monash, en Australia (Fitzharris & Stephan, 2013), los autores encontraron que se conseguiría reducir considerablemente el número de víctimas mortales y de lesiones graves mediante la aplicación del RTM de las Naciones Unidas núm. 14 relativo a los impactos laterales contra postes. Entre 2001 y 2006, un total de 898 ocupantes de vehículos de las categorías M1 y N1 perdieron la vida en ese tipo de colisiones. Esas víctimas mortales representaban el 15,6 % del número total de víctimas mortales de ocupantes de vehículos de las categorías M1 y N1, y el 9,1 % del número total de víctimas mortales por accidentes de tráfico registradas en Australia durante ese período de seis años. A lo largo de los primeros 30 años, la introducción de requisitos de seguridad en caso de impacto lateral más exigentes exigida en virtud del RTM mencionado se traduciría en 761 víctimas mortales menos entre los ocupantes de turismos (M1) y vehículos comerciales ligeros (N1) y en una reducción sustancial del número de traumatismos craneoencefálicos y otras lesiones graves. Para poner esa estimación en perspectiva, es importante señalar que se espera que los ocupantes de la primera fila de asientos sean los más beneficiados, en lo que se refiere a vidas salvadas y lesiones evitadas. Además, la introducción de ese RTM sería muy rentable desde el punto de vista económico tanto para el segmento de vehículos M1 como para el segmento N1, y el análisis de sensibilidad pone de manifiesto la solidez de los beneficios en una variada serie de escenarios. El ahorro económico combinado sería de unos 3.470 millones de dólares australianos con un costo de 726 millones, lo que supone una relación beneficio-coste (RBC) de 4,77:1. El estudio concluye que la adopción de la exigencia de que los vehículos superen una norma basada en el impacto lateral contra objetos estrechos oblicuos supondría un beneficio significativo para la comunidad.

### Sistemas de frenado

El estudio realizado por Chouinard y Lécuyer (2011) es una evaluación de la eficacia del control electrónico de la estabilidad (ESC, Reglamento núm. 140) a partir de los datos de accidentes. El objetivo del estudio de evaluación canadiense era determinar si existía un problema con las colisiones entre varios vehículos y si el ESC era eficaz en las condiciones meteorológicas prevalentes en el Canadá, es decir, sobre hielo, nieve y aguanieve. Los resultados mostraron que el ESC era eficaz en todas las colisiones en que podía actuar (eficacia del 41,1 %), así como en esas colisiones cuando se producían lesiones (eficacia del 54,8 %). En particular, el ESC era eficaz en todas las colisiones de varios vehículos en las que podía actuar (eficacia del 23,2 %) y en esas colisiones cuando se producían lesiones (eficacia del 28,4 %). El ESC también era eficaz en las colisiones de un solo vehículo en las que podía actuar, tanto en las colisiones de cualquier nivel de gravedad (eficacia del 18,6 %) como solo en las que se producían lesiones (eficacia del 49,3 %). Los resultados del estudio también demostraban que el ESC era eficaz en las condiciones climáticas prevalentes en Canadá (es decir, sobre hielo, nieve y aguanieve). La eficacia del ESC en carreteras cubiertas de hielo, nieve y aguanieve era del 51,1 % en las colisiones de cualquier gravedad en que el sistema podía actuar y del 71,1 % en esas colisiones cuando se producían lesiones. El ESC también era eficaz en carreteras secas (eficacia del 36,3 % en las colisiones de cualquier gravedad en que ese sistema podía actuar y del 46,6 % en esas colisiones cuando se producían lesiones), en carreteras mojadas (eficacia del 35,8 % en las colisiones de cualquier gravedad en las que el sistema podía actuar y del 49,5 % en esas colisiones cuando se producían lesiones) y tanto para los vehículos de turismo (eficacia del 28,5 % en las colisiones de cualquier gravedad en que el sistema podía actuar y del 43,7 % en esas colisiones cuando se producían lesiones) como para los vehículos comerciales ligeros (eficacia del 51,9 % en las colisiones de cualquier gravedad en las que el sistema podía actuar y del 69,6 % en esas colisiones cuando se producían lesiones).

Durante el período transcurrido entre 2000 y 2011, un promedio de 220 peatones y 36 ciclistas murieron cada año en Australia como consecuencia de colisiones con vehículos. En la Evaluación del Impacto de la Normativa Australiana (DIRD, 2014) se examinaron los argumentos a favor de la intervención del Gobierno de Australia para aumentar el índice de instalación de sistemas de asistencia en la frenada en el parque de vehículos ligeros de nueva matriculación. Se consideraron en total seis opciones, regulatorias y no regulatorias. El análisis se centró en los beneficios para los peatones y los ciclistas. Los resultados de un análisis costo-beneficio mostraron que, incluso con los altos índices de instalación previstos por la industria automovilística australiana, había razones para que el Gobierno incrementase el ritmo de instalación de los sistemas de asistencia en la frenada en los vehículos de turismo, los todoterreno y los vehículos comerciales ligeros. Se confiaba en que las opciones no reglamentarias que suponía el inicio de una campaña de información y el cambio de las políticas de compra de flotas del Gobierno proporcionasen un pequeño beneficio neto a la comunidad. De todas las opciones examinadas, la aplicación de una norma obligatoria en el marco de la Ley de Normas sobre Vehículos de Motor, conocida como Norma de Diseño Australiana, era la que podía generar los mayores beneficios netos. En comparación con el escenario de que todo siguiera igual, esa opción proporcionaría unos beneficios

netos de 30 millones de dólares, salvaría 10 vidas y evitaría más de 200 lesiones graves durante un período de regulación de 15 años. También era probable que fuese la opción que diera lugar al mayor índice de instalación de sistemas de asistencia en la frenada en los vehículos nuevos, maximizando así las ventajas que ofrecía ese sistema. Así pues, la opción recomendada fue la regulación en el marco de la Ley de Normas sobre Vehículos de Motor. Los requisitos cuya aplicación se recomendaba eran los que figuraban en el Reglamento de las Naciones Unidas núm. 13-H, aprobado por el WP.29. El calendario de aplicación propuesto suponía comenzar en 2015 para los nuevos modelos y en 2016 para todos los modelos.

### Sistemas de sujeción

Elvik *et al.* (2009) realizaron un meta-análisis de 29 estudios sobre la eficacia de los cinturones de seguridad elaborados en Australia, varios países europeos y los Estados Unidos de América. Sus resultados indicaban que, en los accidentes de tráfico de turismos y furgonetas, los cinturones de seguridad evitaban las lesiones mortales del conductor en el 50 % de los casos, las de los pasajeros del asiento delantero en el 45 % y las de los pasajeros del asiento trasero en el 25 %. En cuanto a las lesiones graves, los resultados indicaban una reducción del 45 % en el caso de los conductores y los pasajeros de los asientos delanteros, y del 25 % en el de los pasajeros de los asientos traseros.

Con un estudio encargado por la Oficina de Seguridad del Transporte de Australia (Fildes *et al.*, 2003) se pretendía determinar si la instalación de un sistema más agresivo de recordatorio del uso del cinturón de seguridad en los vehículos nuevos sería rentable para Australia. Mientras que los índices de uso del cinturón de seguridad se situaban en torno al 95 % en el asiento delantero, los índices de no uso en las colisiones con víctimas alcanzaban el 33 % entre las personas fallecidas y el 19 % entre los ocupantes gravemente heridos. Se calcularon los beneficios que podrían aportar tres opciones de dispositivos (simple, simple-2 y complejo) en tres posibles escenarios (solo el conductor, ocupantes del asiento delantero y todos los ocupantes). Se adoptaron cuatro niveles de eficacia, del 10 % al 40 %, según el tipo de dispositivo instalado. Los beneficios unitarios se calcularon tomando una tasa de descuento del 5 % y una vida media de los vehículos de 15 años. Varios expertos de la industria proporcionaron los cálculos de los costos. Los resultados mostraron que la RBC oscilaba entre 4,0:1 en el mejor de los casos (dispositivo simple solo para el conductor) y 0,9:1 en el escenario de todos los ocupantes.

El Consejo Europeo de Seguridad en el Transporte (ETSC, 2003) también investigó los posibles beneficios de los recordatorios sonoros del cinturón de seguridad en los asientos delanteros. Teniendo en cuenta tanto las lesiones como las muertes, se demostró que el valor actual de los beneficios derivados de la imposición de los recordatorios sonoros del uso del cinturón de seguridad en los asientos delanteros de los vehículos en la Unión Europea ascendía a 66.043 millones de euros. El valor actual de los costos ascendía a 11.146 millones de euros, lo que suponía una relación beneficio-costado de 6:1, es decir, que los beneficios de los recordatorios acústicos del uso del cinturón de seguridad para los asientos delanteros superaban claramente los costos estimados.

Los sistemas de sujeción de niños también han tenido un impacto significativo en la seguridad. En el capítulo 4.13 del Manual Noruego de Seguridad Vial (Høyve, 2020), titulado "La seguridad de los niños en el automóvil", se ofrece un ejemplo de un análisis simplificado de costos de utilidad para estimar el número de lesiones de niños que se evitan anualmente gracias al uso de equipos de seguridad homologados, los costos necesarios para alcanzar el nivel actual de uso de esos equipos y el beneficio socioeconómico derivado de la reducción de las lesiones debida a los equipos de seguridad infantil. El efecto se calcula adoptando las siguientes condiciones previas: en los años 2008-2012, en promedio, 10,4 niños menores de 10 años murieron, 8,2 resultaron heridos graves y 258,4 resultaron heridos leves anualmente (las cifras se refieren solo a los niños que iban como pasajeros en vehículos de turismo). El modelo aplicado partía de la base de que el uso obligatorio de equipos de seguridad infantil reduce el riesgo de muerte en un 40 %, el riesgo de sufrir lesiones graves en un 35 % y el riesgo de sufrir lesiones leves en un 20 %. Del modelo se desprende que, si en el 95 % de los casos se hubieran utilizado sistemas de sujeción de niños, se hubieran evitado 6,4 muertes, 4,1 casos de lesiones graves y 60,6 casos de lesiones leves.

### Sistemas de alumbrado

En el estudio realizado en 2003 por el Grupo TÜV Rheinland para la Comisión Europea (TÜV, 2004) se investigaron los efectos de la introducción obligatoria del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 104 sobre las marcas retrorreflectantes para vehículos pesados y largos y sus remolques en las colisiones, y se elaboró un análisis costo-beneficio de esa medida.

Además de las luces de señalización estándar, la marca de contorno retrorreflectante tiene como objetivo aumentar la visibilidad (reconocimiento) en un amplio rango de distancias y hacer más fácil la identificación de determinados vehículos. Como parte de la investigación de antecedentes, los autores presentaban una serie de afirmaciones, como que el color

óptimo del material retrorreflectante era el “blanco” (incolore), que la marca de contorno podía reducir el tiempo de reacción de los conductores en un factor superior a 5 y ampliar las distancias de reconocimiento entre un 50 % y un 500 %, y que en condiciones meteorológicas adversas el reconocimiento de la marca de contorno retrorreflectante era mejor que el de las luces de señalización. Los autores consultaron la base de datos sobre accidentes de tráfico de la Unión Europea CARE para determinar el número de accidentes en los que podría haber influido la señalización del contorno de los vehículos pesados con material retrorreflectante e identificaron 4.531 accidentes al año en la Unión Europea en los que se habían producido lesiones —15 con 402 víctimas mortales, 2.159 heridos graves y 4.904 heridos leves. El análisis del potencial para evitar colisiones de las marcas retrorreflectantes de los vehículos pesados —una estimación de cuántas de esas colisiones hubieran podido probablemente ser evitadas— determinó que si los vehículos implicados en la muestra hubieran llevado marcas de contorno retrorreflectantes podrían haberse evitado colisiones que provocaron 165 víctimas mortales, 857 heridos graves y 1.836 heridos leves.

En el análisis costo-beneficio, se asignó un valor monetario al número de colisiones y muertes evitables para determinar los beneficios económicos que podría aportar la señalización del contorno de los vehículos pesados. Se tuvieron en cuenta otros costos derivados de la introducción obligatoria de las marcas de contorno y los distintos escenarios de aplicación, incluida la categoría en función del tonelaje de los vehículos pesados (> 3,5 t; > 12 t) para la que se considerase introducir el marcado obligatorio del contorno, la vida económica prevista del material retrorreflectante y la duración del período de introducción de la medida en el parque de vehículos pesados. Los cálculos de sensibilidad apoyaron la conclusión general del análisis costo-beneficio, según la cual equipar los vehículos pesados con marcas de contorno retrorreflectantes en la Unión Europea resultaría rentable, con una relación costo-beneficio entre 1,2 y 6.

En el estudio realizado en 2019 por el Instituto de Investigación del Transporte de la Universidad de Michigan (Leslie *et al.*, 2019), encargado por General Motors, se analizaron los sistemas de seguridad contenidos en más de 3,7 millones de vehículos, para lo que se estudiaron 20 modelos diferentes de General Motors fabricados en el período 2013-2017 proporcionados por el fabricante al Instituto para examinar la eficacia sobre el terreno de 15 sistemas de seguridad activa y sistemas de faros avanzados. Esos datos se cotejaron con los datos de los informes policiales relativos a los vehículos implicados en colisiones utilizando las bases de datos de accidentes de diez estados de los Estados Unidos. Del análisis de los sistemas de alumbrado se desprendió que las características de los faros Intellibeam (luces de carretera automáticas) y de los faros de descarga de alta intensidad habían traído consigo una reducción del 35 % y del 21 %, respectivamente, del número de accidentes de peatones/ciclistas/animales durante la noche en relación con los faros halógenos habituales (reducción que ascendía al 49 % cuando ambos sistemas estaban presentes en un vehículo). Los elementos mencionados en el estudio (faros de descarga de alta intensidad, faros de descarga de alta intensidad articulados, Intellibeam, haz de conducción adaptable, etc.) se abordan en los siguientes Reglamentos de las Naciones Unidas (los términos empleados podrían ser diferentes):

- Núm. 99 – Fuentes luminosas de descarga de gas.
- Núm. 98 – Faros con fuentes luminosas de descarga de gas (está siendo sustituido por el Reglamento núm. 149).
- Núm. 112 – Faros que emiten un haz de cruce asimétrico (está siendo sustituido por el Reglamento núm. No.149).
- Núm. 123 – Sistemas de alumbrado frontal adaptativo (está siendo sustituido por el Reglamento núm. 149).
- Núm. 149 – Dispositivos de alumbrado de la carretera.

En el informe se reconocía que en el análisis de los faros se estudiaban las colisiones con animales, ciclistas y peatones de forma colectiva como colisiones UVVP, y que la mayoría de los accidentes analizados consistían en colisiones con animales, especialmente de noche. Los autores afirmaban que eso permitía estimar los beneficios de los faros, si bien dichos beneficios se aplicaban principalmente a las colisiones con animales durante la noche. Afirmaban también que en los mecanismos que intervenían en de cada uno de esos tres tipos de accidentes UVVP se suponía que el conductor era incapaz de ver al sujeto arrollado por la noche con la suficiente antelación para evitar la colisión. Según los autores del estudio, era probable que el efecto de los faros en las colisiones con animales se aplicase también a las colisiones con peatones y ciclistas, ya que el mecanismo causal subyacente de la colisión debería ser similar. Además, en el informe se subrayaba que la rareza de las colisiones frontales con peatones significaba que se necesitaría un conjunto de datos sustancialmente mayor para que un análisis referido exclusivamente a las colisiones con peatones tuviera entidad suficiente para detectar efectos de esa magnitud.

## Neumáticos

La optimización del coeficiente de fricción entre los neumáticos y la superficie de la carretera reduce la distancia de frenado de los vehículos, con lo que disminuyen la velocidad de colisión y el número de accidentes de tráfico con víctimas mortales y heridos graves. En varias fuentes bibliográficas se analiza la relación entre los valores de la adherencia de los neumáticos, su

rendimiento en superficies secas y mojadas, la eficacia de la frenada y la relación de esos factores con los accidentes de tráfico y la gravedad de las lesiones. En un estudio realizado por Otte *et al.* (2008), en el que se analizaban los datos del Estudio Detallado de los Accidentes de Alemania (GIDAS), se indicaba que la mejora de la adherencia de los neumáticos podía reducir la velocidad en el 30 % de las colisiones que provocaban daños personales. Del análisis se desprendía que un aumento del 10 % del valor de adherencia de los neumáticos en carreteras secas y del 15 % en superficies mojadas tendría como resultado la reducción del número de víctimas mortales en un 2 % y del de lesiones graves en un 1,8 %. Por el contrario, en las conclusiones del estudio se sostenía que una reducción de la adherencia de los neumáticos en un 10 % en superficie seca y en un 15 % en superficie mojada podía suponer un aumento del 2 % en el número de víctimas mortales y del 7 % en el número de colisiones con heridos graves. Los autores destacaban que los usuarios de la vía pública más afectados según los cambios en los valores de adherencia introducidos en el modelo, en cuanto a la gravedad de las lesiones en las colisiones analizadas, eran los peatones y los ciclistas.

La seguridad en condiciones de superficie mojada puede mejorarse mediante el ensayo de los neumáticos desgastados. Esos ensayos se consideran necesarios porque la adherencia en mojado de un neumático desgastado no puede predecirse a partir de los resultados de los ensayos de un neumático nuevo. En un análisis realizado por Biesse (2019) se afirmaba que ya existía un ensayo pertinente, a saber, el ensayo de frenado en mojado de vehículos definido en el Reglamento de las Naciones Unidas núm. 117 aplicado a los neumáticos desgastados. El autor subrayaba que retirar del mercado los neumáticos que no tenían un comportamiento adecuado cuando eran nuevos, momento en que sus prestaciones eran máximas, aumentaría el nivel de adherencia en mojado durante la vida útil, garantizando unas prestaciones mínimas cuando se desgastaban, mejorando en conjunto la seguridad en la conducción en superficies mojadas. En el análisis se concluía que esas prácticas mejorarían la seguridad vial en pavimento mojado y darían a los conductores la confianza necesaria para utilizar sus neumáticos hasta el límite legal.

### Equipos y sistemas para motocicletas

En el informe del Centro Noruego de Investigación del Transporte, del Instituto de Economía del Transporte, (Høye, 2016) se informaba de los índices estimados de eficacia en la mitigación de las colisiones de los cascos de motocicletas (Reglamento de las Naciones Unidas núm. 22), las luces de circulación diurna (Reglamento de las Naciones Unidas núm. 53) y los sistemas antibloqueo de frenos (Reglamento de las Naciones Unidas núm. 78). En el informe se señalaba que los demás usuarios de la carretera tenían dificultades para percibir la presencia de las motocicletas y que los motociclistas eran más vulnerables a las lesiones que los ocupantes de otros vehículos de motor. Sobre la base de una revisión bibliográfica de estudios empíricos, del informe se desprendía que las motos deportivas presentaban un riesgo mayor que la mayoría de las demás motocicletas, mientras que no se encontró que el volumen o la cilindrada del motor estuvieran relacionados con la propensión a los accidentes. Se comprobó que con el uso de luces de circulación diurna en motocicletas y ciclomotores se reducía el número de colisiones de múltiples vehículos en aproximadamente un 40 %, mientras que con su utilización obligatoria en todos los vehículos el número total de colisiones de múltiples vehículos en las que se veían implicadas motocicletas se reducía aproximadamente un 10 %. En el informe se indicaba que el uso del casco en las motocicletas reducía el riesgo de sufrir lesiones mortales en la cabeza en un 60 % y lesiones cerebrales en un 47 % (también en las motocicletas todoterreno), y que los cascos integrales ofrecían mejor protección que los cascos modulares, los cascos abiertos o los medios cascos. En lo relativo a los frenos antibloqueo para motocicletas, los resultados indicaban que esos sistemas reducían el número de accidentes con heridos en un 30 %, siendo los efectos mayores en los accidentes más graves y en los que se producían en pavimento mojado.

En el informe sobre la declaración de impacto que figura en la normativa de evaluación previa de Australia de 2017, relativa a los sistemas avanzados de frenado de motocicletas para una conducción más segura (DIRD, 2017) se concluyó que el principal sistema avanzado de frenado para motocicletas, el ABS, podría ser de ayuda en el 93 % de los accidentes. En la práctica, eso suponía una reducción global del 31 % del número de accidentes de motocicletas con resultados traumáticos registrados en Australia, con un 36 % de eficacia en la reducción de la importancia de los accidentes con traumas graves y mortales, lo que está en consonancia con las cifras de eficacia obtenidas a nivel internacional. De los resultados se deducía que los sistemas avanzados de frenado eran especialmente eficaces en los accidentes de motocicleta en los que se producían traumatismos graves y mortales, que representaban la proporción más alta del costo de los traumatismos provocados por accidentes de motocicleta (en Australia, el 97 % del costo total de los traumatismos provocados por accidentes de motocicleta corresponde a las lesiones graves y mortales). Se estudiaron un total de seis opciones, reglamentarias y no reglamentarias, como la obligatoriedad de los sistemas combinados de frenado (SCF) o el ABS, para las motocicletas con una cilindrada igual o superior a 50cc. En los cuadros 3.1, 3.2 y 3.3 se resumen los resultados del análisis y los efectos previstos de las medidas consideradas.

**CUADRO 3.1**
**Resumen de los beneficios netos y brutos de cada opción**

|                                     | Beneficios netos<br>(millones de dólares australianos) |                         |                         | Beneficios totales antes de costos<br>(millones de dólares australianos) |
|-------------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|--|
|                                     | En el mejor de los casos                               | En el caso más probable | En el peor de los casos |  |
| Opción 1: sin intervención          | -  | -                       | -                       | -  |
| Opción 2a: sensibilización dirigida | 372  | 368                     | 364                     | 393  |
| Opción 2b: publicidad               | 379  | 375                     | 371                     | 468  |
| Opción 6a: ABS obligatorio          | 1 465  | 1 452                   | 1 439                   | 1 492  |
| Opción 6b: ABS/SCF obligatorio      | 1 633  | 1 618                   | 1 604                   | 1 663  |

**CUADRO 3.2**
**Resumen de los costos y de la relación beneficio-costo de cada opción**

|                                     | Costos (millones de dólares) |                         |                         | Relación beneficio-costo |                         |                         |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                     | En el mejor de los casos     | En el caso más probable | En el peor de los casos | En el mejor de los casos | En el caso más probable | En el peor de los casos |
| Opción 1: sin intervención          | -                            | -                       | -                       | -                        | -                       | -                       |
| Opción 2a: sensibilización dirigida | 22                           | 25                      | 29                      | 18.2                     | 15.6                    | 13.6                    |
| Opción 2b: publicidad               | 89                           | 92                      | 96                      | 5.3                      | 5.1                     | 4.9                     |
| Opción 6a: ABS obligatorio          | 27                           | 40                      | 54                      | 55.3                     | 37.1                    | 27.9                    |
| Opción 6b: ABS/SCF obligatorio      | 30                           | 45                      | 59                      | 55.6                     | 37.2                    | 28.0                    |

**CUADRO 3.3**
**Resumen del número de vidas salvadas y lesiones evitadas**

|                                     | Vidas salvadas | TCE <sup>6</sup> graves evitados | TCE moderados evitados |
|-------------------------------------|----------------|----------------------------------|------------------------|
| Opción 1: sin intervención          | -              | -                                | -                      |
| Opción 2a: sensibilización dirigida | 97             | 1 186                            | 1 353                  |
| Opción 2b: publicidad               | 190            | 2 337                            | 2 666                  |
| Opción 6a: ABS obligatorio          | 534            | 7 754                            | 7 484                  |
| Opción 6b: ABS/SCF obligatorio      | 587            | 8 522                            | 8 225                  |

En el estudio de las Naciones Unidas sobre los cascos de motocicleta (Naciones Unidas, 2016) se examinan los problemas, los avances y los desafíos con que tropiezan los esfuerzos por mejorar la seguridad y el bienestar de los conductores de vehículos de dos ruedas con motor mediante el uso adecuado de cascos de motocicleta homologados. En él se señala que podrían obtenerse beneficios sustanciales de la aplicación y el cumplimiento de la legislación sobre el uso del casco, en consonancia con el Reglamento de las Naciones Unidas núm. 22, y se estima que en el período 2008-2020 podrían haberse producido 3,4 millones de muertes por accidentes de motocicleta, de las cuales 1,4 millones podrían haberse evitado con el uso adecuado del casco de seguridad.

Los resultados del estudio indican que, a nivel mundial, se podrían haber ahorrado en 2020 hasta 676.000 millones de dólares como resultado de las muertes y lesiones graves evitadas gracias a las políticas de uso del casco. Los países de renta baja y

6 Traumatismo craneoencefálico.

media-alta podrían haber ahorrado hasta un 2,1 % y un 3 % del PIB, respectivamente, en 2020 con la observancia de políticas de uso del casco, los países de renta alta podrían haber ahorrado alrededor de un 0,5 %, mientras que para los países de renta media-baja el ahorro podría haber sido de hasta un 7 % del PIB en ese año. Aunque el ahorro potencial estimado para los países de renta media-baja puede parecer exagerado, se justifica por el hecho de que las motocicletas constituyen entre el 50 % y el 80 % de todos los vehículos matriculados en los mayores países de esa categoría de renta incluidos en el análisis.

Si se toma el mayor índice de compra de cascos de alta gama y también el valor superior del rango del posible ahorro resultante de la evitación de muertes y lesiones graves derivado del uso del casco, se obtiene una relación beneficio-costos de 2,2:1 para el grupo de países de bajos ingresos. En otras palabras, en ese escenario concreto, los beneficios derivados de la adquisición de ese tipo de cascos superan los costos derivados de no hacerlo por un factor de 2,2. Por el contrario, si todos los cascos utilizados por los motoristas fuesen productos de gama baja y se toma el valor inferior del rango del ahorro estimado como consecuencia de la evitación de muertes y lesiones, se obtiene una relación beneficio-costos de 1:1, lo que indica que el uso masivo de cascos de gama baja, además de proporcionar una peligrosa y falsa sensación de seguridad, tampoco aporta ningún beneficio económico a la sociedad.

El análisis beneficio-costos para los países de renta media-baja y para los países de renta media-alta arroja unas cifras de 4:1 y 4,3:1, respectivamente, cuando se toma el índice máximo de compra de cascos de gama alta y el valor superior del rango del ahorro potencial resultante de la evitación de muertes y lesiones graves debida al uso del casco. Esos resultados indican que puede ser cuatro veces más rentable para las sociedades de los países de renta media-baja y de renta media-alta dedicar recursos a la compra de cascos caros que seguir conduciendo sus motocicletas sin protección para la cabeza. Los autores afirman que la consecución de economías de escala en el mercado de los cascos mejoraría la relación beneficio-costos de ese gasto. Por lo tanto, la adopción de normas de homologación y la aplicación de la normativa sobre el uso del casco, además de contribuir inicialmente a la disminución del número de muertes y lesiones (así como de los gastos consiguientes), también estimularía la producción local de cascos homologados en un ámbito mucho más amplio, ayudando a disminuir el precio de los cascos y mejorando aún más la relación beneficio-costos calculada anteriormente, incluso si se utilizan estimaciones modestas de las cifras de ahorro dentro del rango obtenido.

Los países de renta alta son los más avanzados en la adopción y aplicación de normas y reglamentos relacionados con el casco de motocicleta. No obstante, según el estudio, todavía hay margen para mejorar el impacto económico negativo derivado de las colisiones de motocicletas. Al tomar el índice máximo de compras de cascos de gama alta, los más caros, se obtiene una relación beneficio-costos de 1,2:1 en el escenario más bajo de posibles ahorros. Eso significa que, incluso teniendo en cuenta las proyecciones más conservadoras, el potencial de ahorro económico de la sociedad asociado a la compra de los cascos más caros en los países de renta alta es un 20 % superior a los gastos que pueden derivarse de las muertes y lesiones graves provocadas por los accidentes de motocicletas en los que los conductores no llevan casco.

### Estimaciones agregadas de múltiples intervenciones normativas

En un estudio realizado por Lloyd *et al.* (2015) se presentaba un análisis del impacto combinado del conjunto mínimo de normas recomendado por el Decenio de Acción de las Naciones Unidas (Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 14, 16, 94, 95 y 140; RTM de las Naciones Unidas núms. 8 y 9) sobre la seguridad vial en el Reino Unido para el período 2004-2013. Si se tenían en cuenta los vehículos nuevos matriculados a partir de 2004/05 en el Reino Unido, los resultados indicaban que, entre 2004 y 2013, murieron un 4,2 % menos de conductores debido a las mejoras en la seguridad pasiva de los vehículos derivadas de la aplicación de ese conjunto de Reglamentos de las Naciones Unidas. Basándose en los resultados del Reino Unido, los autores aplicaban un modelo basado en escenarios para cuantificar cuántas muertes de usuarios de automóviles podrían evitarse en Malasia entre 2014 y 2030, como resultado agregado de la adopción del conjunto mínimo de Reglamentos recomendado. En función del cambio en las tasas de motorización y del índice de incorporación de vehículos nuevos, el modelo indicó que se podrían evitar entre 1.200 y 4.300 muertes de ocupantes de vehículos en las carreteras de Malasia entre 2014 y 2030 si se adoptara el conjunto mínimo de normas recomendado por el Decenio de Acción de las Naciones Unidas. En un análisis de seguimiento, (Cuerden *et al.* 2015) se aplicó la misma metodología para estimar el número de víctimas entre los ocupantes de automóviles que podrían evitarse en el Brasil. Se estimó que en 2010 habían muerto 10.200 ocupantes de vehículos como consecuencia de accidentes de tráfico en ese país. La correspondiente tasa de mortalidad por habitante era superior a la que se hubiera observado nunca en Gran Bretaña. Con la previsión de que el número de automóviles aumentase en los siguientes 15 años a un ritmo medio anual de entre el 0,7 % y el 14,8 %, se esperaba que el número de muertes aumentase considerablemente, a menos que se introdujeran estrategias y normativas de seguridad vial eficaces. Suponiendo que se introdujera una normativa similar, y que entre 2015 y 2030

se observara en el Brasil un efecto de los ensayos de consumo similar al observado en Gran Bretaña entre 2002 y 2017, se preveía que se podrían evitar entre 12.500 y 34.200 muertes hasta 2030.

El Laboratorio de Investigación sobre el Transporte (TRL) del Reino Unido publicó un estudio exhaustivo (Wallbank *et al.*, 2019) en el que se hacía un cálculo de las vidas que podrían salvarse y las lesiones que podrían evitarse entre 2020 y 2030 mediante la aplicación de un conjunto de normas de seguridad para vehículos (Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 14, 16, 94, 95, 127 y 140; RTM de las Naciones Unidas núms. 8 y 9 y el AEBS para los UVVP) en el Brasil, la Argentina, Chile y México, y se proporcionaban estimaciones de la relación costo-beneficio de su aplicación. Ya se habían conseguido algunos avances en la aplicación de esas normas prioritarias como resultado de los esfuerzos realizados en los cuatro países para adoptar las normas mínimas en materia de resistencia a la colisión recomendadas por el Decenio de Acción de las Naciones Unidas (Reglamentos núms. 14, 16, 94 y 95). En el estudio se estimaba que, si se mantuvieran en vigor, esas normas sobre resistencia a la colisión evitarían 11.000 muertes de ocupantes de automóviles hasta 2030. También se estimó que, si se adoptara la normativa sobre el ESC, la protección secundaria de los peatones y el AEBS para los UVVP, se podrían salvar 14.000 vidas adicionales durante el período comprendido entre 2020 y 2030 (12.000 de las cuales serían de UVVP). En total, si la Argentina, el Brasil, Chile y México adoptaran el conjunto de normas de seguridad vial prioritarias a partir de 2020, se podrían salvar más de 25.000 vidas y evitar más de 170.000 lesiones graves hasta 2030. Los resultados de un análisis beneficio-costos de la aplicación combinada de las normas sobre la ESC, los AEBS para UVVP y los sistemas de protección de los peatones en los distintos países indicaban que las medidas alcanzarían el punto en que comenzarían a ser rentables a más tardar en 2026. Como mejor estimación, el tiempo de amortización en los casos del Brasil y México sería de tres años y de dos años para Chile, mientras que para la Argentina los beneficios económicos empezarían a superar los costos después de cuatro años (cuadro 3.4).

**CUADRO 3.4**
**Año en que el conjunto combinado de tecnologías comienza a ser económicamente rentable en cada país**

| País      | Tiempo de amortización en años (año inicial de aplicación: 2020) |                      |                      |
|-----------|--|----------------------|----------------------|
|           | Mejor estimación   | Estimación más corta | Estimación más larga |
| Argentina | 4  | 6                    | 3                    |
| Brasil    | 3  | 5                    | 1                    |
| Chile     | 2  | 3                    | 1                    |
| México    | 3  | 5                    | 1                    |

Los cinturones de seguridad, los airbags, el ESC, la protección contra impactos frontales y laterales y demás medidas de seguridad adoptadas en la construcción de vehículos a las que se hace referencia en el Decenio de Acción de las Naciones Unidas y los instrumentos que regulan la utilización de esos elementos salvan cada año miles de vidas en las carreteras de todo el mundo. Los interesados en el transporte por carretera, como los organismos reguladores nacionales, los promotores de la salud pública y los institutos de investigación, cuantifican los beneficios derivados de esos dispositivos y reglamentos y hacen una estimación del número de vidas salvadas por cada uno de ellos, el número de víctimas que habrían sobrevivido si más ocupantes hubieran estado protegidos por esos dispositivos, y la expresión de esas pérdidas humanas y de esos posibles ahorros en términos monetarios. Esa información se utiliza para realizar los análisis costo-beneficio de nuevos reglamentos propuestos, y para obtener estimaciones de la relación costo-beneficio derivada de su aplicación. Esas cuestiones se examinan con detalle en el próximo capítulo. Las investigaciones que se han presentado en este capítulo constituyen una selección limitada de estudios representativos de evaluación del efecto de la aplicación de la reglamentación sobre vehículos.

## CAPÍTULO IV

# Evaluación del efecto y análisis costo-beneficio de la reglamentación sobre seguridad de los vehículos: elementos del modelo

La reglamentación sobre vehículos diseñada para mejorar la seguridad vial tiene por objeto reducir el riesgo de lesiones y muerte de los ocupantes y, en consecuencia, mejorar la rentabilidad, o el beneficio, del transporte por carretera en vehículos de motor. En muchos países del mundo se lleva a cabo una evaluación del efecto de la adopción y aplicación de normas de seguridad de los vehículos como parte del proceso de toma de decisiones en la etapa previa a la propuesta de nueva legislación. En muchos casos se trata de un paso obligatorio en el proceso regulatorio, como una evaluación previa de la eficacia. El propósito es determinar la eficiencia socioeconómica de la medida reglamentaria propuesta. Las evaluaciones del efecto y los análisis costo-beneficio se llevan a cabo como parte del desarrollo de algunos Reglamentos sobre la seguridad de los vehículos anexos al Acuerdo de 1958, y de algunos RTM sobre la seguridad de los vehículos adoptados en el marco del Acuerdo de 1998. Aunque hay diferencias en las metodologías aplicadas en las distintas etapas del proceso, en general consta de los siguientes pasos.

### I. Definición de las colisiones relevantes

Una medida de seguridad que se pretende introducir mediante una propuesta de reglamento está diseñada para abordar uno o varios tipos específicos de colisiones. Por ejemplo, en el caso de los sistemas ESC solo se tienen en cuenta las colisiones en el carril contrario al sentido de circulación del vehículo. En el caso de los sistemas de asistencia en la frenada son relevantes las colisiones traseras y frontales, las colisiones en tramos de trenzado e intersecciones, las colisiones entre vehículos y peatones, las colisiones con obstáculos y las colisiones en el carril contrario al sentido de circulación del vehículo. En los sistemas de seguridad en impactos laterales contra un poste son relevantes las colisiones contra objetos estrechos, como postes y árboles. Muchos países disponen de datos sobre los tipos de colisiones, su número y la gravedad de las lesiones sufridas almacenados en las bases de datos nacionales de accidentes de tráfico, así como en la bibliografía profesional y académica. Sin embargo, en muchos países no se dispone de datos sobre los tipos específicos de colisiones que afectan a una población concreta de usuarios de la vía pública. Para superar esas deficiencias en los datos, en los estudios monográficos que se presentan en el capítulo V se recurre a algunos factores procedentes de la bibliografía mediante los que se estima la proporción de tipos específicos de colisiones de tráfico y sus efectos en la población total de un determinado segmento de usuarios de la vía pública, las víctimas, objeto del estudio, como los conductores y ocupantes de automóviles ligeros o los peatones golpeados por la parte frontal de los automóviles ligeros.

### II. Evaluación de la tecnología

Puede encontrarse información sobre la eficacia de las tecnologías consideradas en la bibliografía, gracias a los estudios que se han realizado. Los beneficios que conlleva la aplicación de una determinada tecnología de seguridad pueden consistir en la reducción de la probabilidad de que se produzcan los tipos de colisión considerados (por ejemplo, colisión lateral, colisión trasera, etc.) o de la gravedad de las consecuencias de la colisión para los ocupantes del vehículo o para otros usuarios de la vía pública, dependiendo de los tipos de colisiones y accidentes para los que se haya diseñado la tecnología. En otras palabras, la implantación de una determinada tecnología contribuye a reducir el riesgo de muerte y lesiones en determinados tipos de colisiones.

### III. Estructura del parque de vehículos

Para determinar el efecto de la introducción de determinadas medidas reglamentarias y de las tecnologías de seguridad que se imponen con ellas, es necesario analizar la estructura del parque de vehículos existente. La penetración de las tecnologías de seguridad en los parques de vehículos dependerá de las políticas aplicadas, del momento de su entrada en vigor, de cuándo esas tecnologías se hagan obligatorias en los vehículos nuevos vendidos en el mercado, de la edad media del parque de vehículos y de la tasa de rotación de este.

#### IV. Escenario de la aplicación

El escenario se refiere al calendario de difusión de una tecnología de seguridad dentro del parque de vehículos, o de su segmento concreto, a lo largo del tiempo. Se pueden establecer varios escenarios para estimar el efecto de esa tecnología en la seguridad vial. El enfoque más habitual consiste en establecer un escenario de referencia, a veces denominado escenario de inacción, en el que no se adopta medida o política alguna para promover (o seguir promoviendo) el uso de una tecnología de seguridad, y comparar su efecto en la seguridad vial a lo largo del tiempo con los efectos que se estiman a partir de los escenarios que entrañan la adopción de alguna medida o la aplicación plena de la tecnología en cuestión. Esos escenarios dan lugar a proyecciones basadas en una serie de supuestos para el período previsto, como el crecimiento de la población, la evolución de la macroeconomía y de los precios del petróleo, las mejoras tecnológicas y las políticas. Lo más importante es incluir en el modelo un conjunto de hipótesis relativas a las medidas de seguridad objeto del análisis. Entre ellas podría mencionarse el efecto de las medidas de seguridad relacionadas con la tecnología de los vehículos que, siendo obligatorias, aún se están desplegando entre los vehículos del parque al ritmo de la tasa de rotación de este, que será distinta para cada lugar. Además, el grado de adopción voluntaria de las medidas de seguridad relacionadas con la tecnología de los vehículos y la penetración gradual en el mercado deben tenerse en cuenta en la hipótesis de referencia como resultado, por ejemplo, de la competencia en el mercado entre los fabricantes de vehículos o el efecto de la divulgación entre los consumidores de información sobre las calificaciones obtenidas por los vehículos en el ámbito de la seguridad. En los escenarios en que se adoptan medidas para aplicar de manera parcial total la tecnología considerada se establecen habitualmente el alcance de la introducción de esta en todos los vehículos nuevos a partir de un momento concreto, si se haría obligatoria para todos los tipos de vehículos o solo para algunos, y cualquier modificación que cualquiera de esas variables pudiera sufrir a lo largo del tiempo. Los escenarios de adopción parcial o total de una tecnología determinada son específicos para esa tecnología, ya que para algunos tipos de normas de seguridad, como el uso de los cascos de motocicleta, los sistemas de sujeción de niños o las medidas de reequipamiento (neumáticos, espejos retrovisores, protección contra el empujamiento), únicamente pueden ser obligatorios o no serlo, no admiten término medio.

#### V. Efecto de la tecnología, sistema o requisito de comportamiento de que se trate en las colisiones

El efecto sobre el número de víctimas mortales, heridos graves y heridos leves que se derivaría de hacerse obligatoria la instalación de la tecnología de que se trate en todos los vehículos nuevos se calcula en función de la eficacia de esa tecnología (paso II) y de la pauta de su introducción en el parque de vehículos (pasos III y IV).

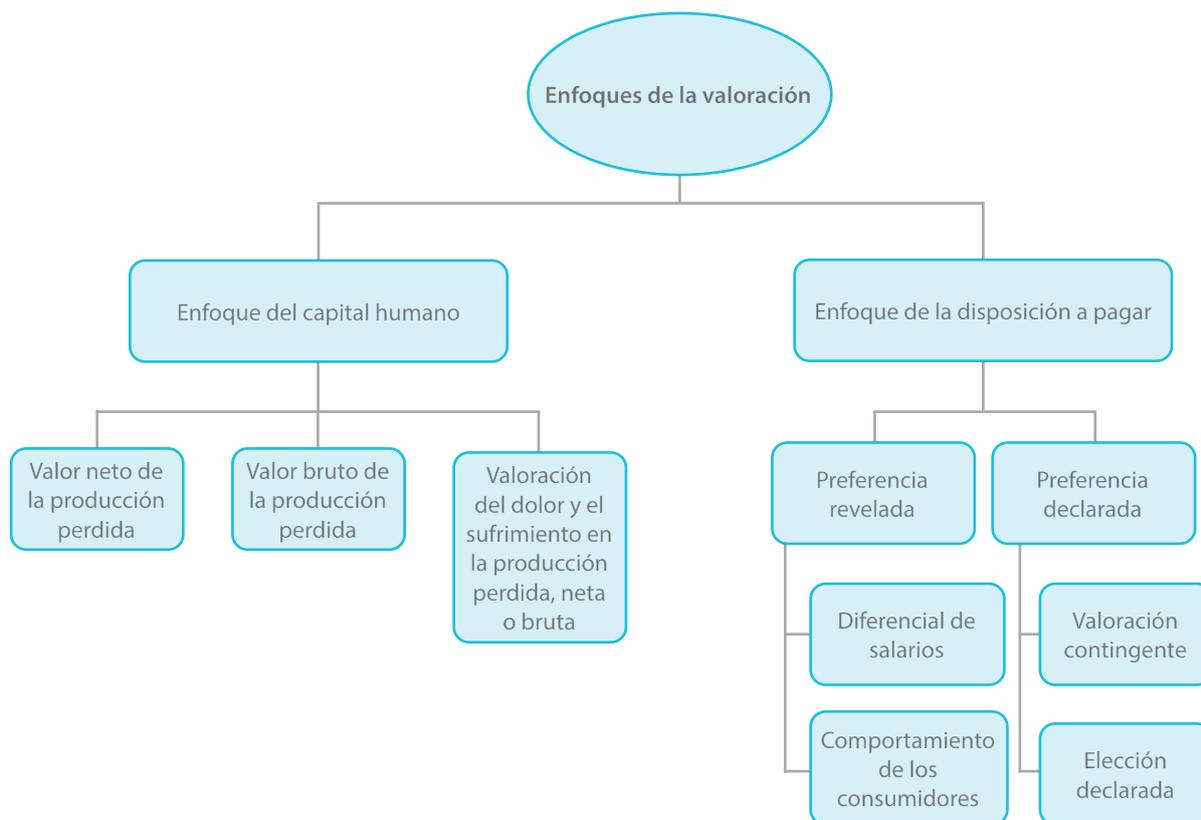
#### VI. Beneficio neto – Enfoques para la valoración económica de la reducción del riesgo de accidentes de tráfico

Para determinar el efecto de cada uno de los escenarios se realiza un cálculo de los beneficios económicos que pueden conseguirse. Dichos beneficios se calculan teniendo en cuenta la reducción de las víctimas mortales y de las lesiones graves y leves, es decir, la reducción de los costos para la sociedad resultante de su prevención y evitación. Los beneficios netos se valoraron calculando los costos generados por los accidentes en los escenarios que entraña la adopción de una medida y los correspondientes al escenario de inacción. Los valores unitarios aplicados influyen en gran medida en la relación beneficio-costo estimada. Si se utilizan valores más altos, la relación beneficio-costo aumentará y viceversa.

La asignación de un valor monetario a la vida y la salud humanas no tiene otro propósito que establecer una proyección relativa al volumen de recursos que podrían ahorrarse mediante la prevención de muertes y la evitación de lesiones por accidentes de tráfico. Esos ahorros potenciales se comparan con el costo de las medidas que permitirían prevenir las muertes y evitar las lesiones por accidentes de tráfico para obtener una estimación de la relación costo-beneficio. Asignar un valor monetario a la salud y la vida humanas es un componente esencial del análisis costo-beneficio. Sin embargo, no implica en absoluto que la salud y la vida humanas sean mercancías que puedan comercializarse, sino que sirve para interiorizar el hecho de que los recursos de que disponen las sociedades son limitados y pueden destinarse a muchos usos alternativos. En la figura 4.1 se ofrece un resumen de los métodos que se han utilizado en los estudios e investigaciones para obtener una valoración de la reducción del riesgo de muerte en términos monetarios. La valoración monetaria obtenida mediante el uso de la metodología elegida se sitúa en el lado del beneficio de la ecuación costo-beneficio.

Los dos enfoques principales que se utilizan para valorar el beneficio derivado de la prevención de un accidente de tráfico son los métodos del capital humano (CH) y de la disposición a pagar (DAP). En el método CH se calculan las pérdidas para la economía basándose en el costo del tratamiento de las lesiones de los heridos, la pérdida de ingresos y los daños a la propiedad. Se trata

Figura 4.1 – Enfoques de la valoración (Elvik, 2017)



de un enfoque *a posteriori* en el que se descuenta el valor de la producción de las víctimas en el futuro que se ha perdido a causa de la muerte o a las lesiones (dependiendo de la gravedad). En algunas versiones del método CH también se incluyen los costos derivados del dolor y el sufrimiento causados por la muerte o las lesiones. Se considera que, incluso cuando esos elementos se añaden al cálculo, con ese enfoque se subestima el verdadero costo de un accidente, ya que la estimación se concentra en los costos económicos.

El enfoque de la DAP consiste en estimar el valor que las personas asignan a la mejora de la seguridad averiguando la cantidad que estarían dispuestos a pagar para reducir el riesgo de pérdida de vidas. Ese enfoque *a priori* implica la evaluación el riesgo y la disposición de una persona a invertir recursos a cambio de reducir ese riesgo. El método se basa en los resultados de encuestas en las que se pregunta a los ciudadanos cuánto estarían dispuestos a pagar por reducir determinados tipos de riesgo. Por tanto, lo que se mide es el valor que tiene para la sociedad la prevención de los accidentes de tráfico, es decir, la cantidad que la sociedad está dispuesta a pagar para evitarlos. Si bien se considera un enfoque más sólido desde el punto de vista teórico que el método CH, ya que refleja mejor la totalidad de los costos sociales y económicos derivados de las muertes y lesiones, también adolece de algunos problemas metodológicos (en particular, el desarrollo de instrumentos de encuesta y el costo de la recogida de datos). Existen dos métodos principales para obtener la DAP: los de la preferencia declarada y los de la preferencia revelada. En los estudios de preferencia revelada se examinan elecciones reales hechas en mercados reales, que en el caso del análisis de la seguridad vial podría representarse por la elección al comprar un vehículo nuevo. Como los coches difieren en cuanto a sus características de seguridad, si se puede determinar la importancia relativa de los factores que influyen en la elección del vehículo, como el precio, el tamaño, la potencia del motor o las características de seguridad, se puede estimar el valor implícito que se da a las distintas características clave en materia de seguridad.

En la mayoría de los estudios de valoración de la seguridad vial se han empleado métodos de preferencia declarada. Existen dos versiones principales de los métodos de preferencia declarada: el método de valoración contingente y el método de elección declarada. En el método de valoración contingente, se pregunta directamente a una muestra de la población cuánto estaría dispuesta a pagar por una determinada reducción del riesgo de morir o resultar herido en un accidente de tráfico. La pregunta puede plantearse en un formato abierto que requiera que el encuestado mencione una cifra, o bien ofreciendo un abanico de

diferentes cifras entre las que los encuestados puedan elegir, simulando un proceso de licitación que comienza con un valor inicial que se va reduciendo hasta que se acepta una cifra o, si se acepta la cifra inicial, se va incrementando hasta conocer la primera cifra rechazada o, en último caso, planteando una oferta que requeriría una respuesta definitiva del tipo sí o no. En el método de elección declarada se pide a las personas que elijan entre dos opciones. Las opciones se caracterizan por ciertos atributos, uno de los cuales es la seguridad. Los encuestados no declaran una cifra que estarían dispuestos a pagar. Simplemente eligen una opción y el analista estima la valoración implícita en esa elección. Las opciones que se presentan suelen ser entre dos carreteras, dos zonas residenciales o dos medios de transporte.

Lo ideal sería que los países llevaran a cabo encuestas de DAP para obtener estimaciones a nivel nacional de la valoración de la mortalidad y las lesiones graves por accidentes de tráfico antes de realizar cualquier inversión en seguridad vial. No obstante, es necesario actuar con cautela, ya que el enfoque es costoso y requiere técnicas de encuesta sofisticadas para obtener estimaciones fiables. Debido a estas consideraciones, al no ser técnicamente viable aplicar el enfoque DAP, en los estudios monográficos presentados en el capítulo V se aplicó el enfoque CH. Por tanto, para las estimaciones de las pérdidas económicas atribuibles a las víctimas mortales por accidentes de tráfico se aplicaron los parámetros del valor de la vida estadística (VVE) propuestos en el estudio del TRL de 2019 (Wallbank *et al.*, 2019). Además, se utilizó el modelo de valoración económica del IRAP (Programa Internacional de Evaluación de Carreteras) (Dahdah y McMahon, 2008) para obtener las estimaciones correspondientes al valor de las lesiones graves. Las lesiones graves se definen como lesiones de categoría 3 o superior en la Escala Abreviada de Lesiones<sup>7 8</sup>.

## VII. Evaluación del costo

En este paso se determina el costo de instalar las tecnologías pertinentes en todos los vehículos nuevos. Ese costo se expresa como un aumento del precio del vehículo debido a la tecnología incorporada. Esa cifra se multiplicará por el número de vehículos previstos en los escenarios que se estén evaluando (paso III). Además, otro elemento que se sitúa en ese lado del cálculo es el costo derivado de sostener los organismos nacionales de homologación que deben establecer los Estados miembros en el Acuerdo de 1958. Ese elemento se analiza más detalladamente en el siguiente capítulo.

## VIII. Evaluación económica costo-beneficio

El último paso es evaluar si resulta económicamente ventajoso aplicar la tecnología de seguridad considerada, es decir, obtener la relación beneficio-costos derivada de aplicar una medida o un conjunto de medidas de carácter normativo. La principal razón para llevar a cabo un análisis costo-beneficio de las medidas de seguridad vial es ayudar a elaborar políticas que favorezcan el uso más eficiente posible de unos recursos limitados o, en otras palabras, con las que se obtengan los mayores beneficios posibles por un costo determinado. Para ofrecer una imagen completa desde la perspectiva socioeconómica de la relación beneficio-costos que puede esperarse de la introducción de nuevas medidas (cinturón de seguridad, airbag, ESC, etc.), es imprescindible emplear unidades de medida comparables. Por tanto, costos y beneficios se representan en valores monetarios. Los beneficios netos derivados del sistema (paso VI) se comparan con los costos netos derivados de la instalación del sistema en un determinado segmento y en una determinada proporción del parque de vehículos, a lo largo del tiempo, junto con otros posibles costos (paso VII). Si los beneficios netos superan a los costos netos, la introducción del sistema de seguridad de que se trate aportará beneficios a la sociedad. La solidez de los resultados y los valores utilizados para cuantificar los principales parámetros (por ejemplo, el costo unitario por tecnología, la eficacia del sistema) se evalúan mediante diversos análisis de sensibilidad. Por último, se obtienen las relaciones beneficio-costos para los diferentes escenarios y rangos de sensibilidad.

7 En la escala abreviada de lesiones se clasifica a las víctimas según la lesión más grave sufrida. Se utiliza ampliamente para describir el grado general de lesión de una zona concreta del cuerpo o el grado general de lesión de todo el cuerpo. La escala va de 1 a 6, donde 1 es el valor menor, y 6 el valor máximo (mortal).

8 La CEPE reconoce que la escala abreviada de lesiones (en todas sus versiones) pertenece a la Association for the Advancement of Automotive Medicine (AAAM), propietaria del copyright. Dicha escala se menciona en la presente publicación únicamente con fines informativos.

## CAPÍTULO V

### Estudios monográficos de países

El objetivo general de la presente publicación es exponer un modelo que los países puedan utilizar para evaluar el efecto socioeconómico de las opciones políticas relacionadas con los vehículos para mejorar la seguridad vial<sup>9</sup>. Mediante el modelo se calcula la relación beneficio-costos de la normativa relativa al ESC, una medida de seguridad activa dirigida a mejorar la seguridad de los ocupantes de los automóviles, mediante un desempeño conforme al Reglamento núm. 140 y al RTM núm. 8 de las Naciones Unidas. Mediante el modelo también se calcula, por separado, la relación costo-beneficio de la introducción de una normativa relativa al sistema automático de frenado de emergencia (AEBS), una medida de seguridad activa destinada a evitar colisiones, con un desempeño conforme al Reglamento núm. 152, y de las medidas de seguridad pasiva para la protección de los peatones conforme al Reglamento núm. 127 y al RTM núm. 9 de las Naciones Unidas, estimando el efecto combinado de esos sistemas en la prevención de muertes y la evitación de lesiones graves de peatones y ciclistas (en lo sucesivo UVVP). El marco temporal de aplicación del modelo es el período 2020-2030.

Los países incluidos en el análisis, Bolivia, la República Kirguisa y Serbia, se seleccionaron con la idea de ofrecer una muestra variada de diferentes continentes desde los puntos de vista geográfico, de desarrollo económico y de seguridad vial, y sobre la base del estado actual de aplicación de la Reglamentación de las Naciones Unidas relativa a los Vehículos en esos países, en particular de los reglamentos que se consideran en el modelo. La selección se guió, además, por la disponibilidad de datos relevantes y fiables sobre víctimas de accidentes de tráfico procedentes de fuentes públicas que pudieran utilizarse como base para realizar el ejercicio de evaluación del efecto de la normativa.

La evaluación del efecto de la normativa y el análisis costo-beneficio que se realizan en este estudio se basan en elementos de los métodos utilizados en otras investigaciones que se enumeran en la revisión bibliográfica del capítulo IV, sobre todo en el proyecto realizado por el TRL en 2018 para evaluar el potencial de las normas de seguridad de los vehículos para prevenir muertes y evitar lesiones en varios países de América Latina (Wallbank *et al.*, 2019), y en la evaluación económica de las medidas de seguridad vial del proyecto "SafetyCube" (Martin *et al.*, 2017).

El objetivo del análisis es demostrar la eficacia de la reglamentación de las Naciones Unidas relativa a los vehículos en la prevención de muertes y la evitación de lesiones graves por accidentes de tráfico. Como primer paso, basándose en los datos históricos, se proyecta para el período 2020-2030 el número de muertos y heridos graves por accidentes de tráfico entre los ocupantes de vehículos de turismo, los peatones y los ciclistas en los países objeto del estudio. A continuación, se aplican a esos datos las estimaciones sobre la eficacia de la aplicación de determinadas normas de las Naciones Unidas relativas a los vehículos para calcular el número de muertes y lesiones graves que podrían evitarse en la población estudiada. Por último, teniendo en cuenta los correspondientes costos y beneficios relacionados con las intervenciones normativas a lo largo del período seleccionado, se obtienen las relaciones beneficio-costos para la aplicación de esas normativas.

Para calcular desde el punto de vista económico la relación beneficio-costos que puede obtenerse en los tres países mediante la aplicación de normativas relacionadas con el ESC, se llevaron a cabo los siguientes pasos en la aplicación del modelo en el que la población de interés son los ocupantes de vehículos:

- Estimar el número de víctimas entre los ocupantes de automóviles en el período comprendido entre 2020 y 2030 suponiendo que las tendencias históricas de crecimiento del parque de vehículos y las tasas de mortalidad y lesiones graves de los ocupantes de automóviles por vehículo matriculado se mantendrán en el futuro.
- Calcular la reducción potencial del número de víctimas mortales y lesiones graves entre los ocupantes de automóviles lograda gracias a la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 sobre el control electrónico de la estabilidad.

9 En el modelo propuesto se sigue como ejemplo la metodología utilizada en el estudio realizado por el TRL en 2019 (Wallbank *et al.*, 2019), modificada según las necesidades para adaptarla a la limitación de los datos disponibles para los estudios de los países analizados.

- Estimar los beneficios económicos resultantes de la prevención de muertes y la evitación de lesiones graves que se derivan de la aplicación de la normativa, es decir, de la eficacia de los sistemas destinados a evitar los accidentes que las producen.
- Calcular el costo derivado de la aplicación del Reglamento, es decir, el aumento del precio de los vehículos si todos los vehículos matriculados por primera vez (República Kirguisa y Serbia) o todos los vehículos nuevos matriculados (Bolivia) a partir de 2020, estuvieran equipados con esos sistemas.
- Calcular la relación beneficio-costos que permita evaluar el ahorro potencial frente al costo de la aplicación del Reglamento.

En el caso del modelo en el que la población de interés son los UVVP, se siguieron pasos similares:

- Estimar el número de víctimas entre peatones y ciclistas durante el período comprendido 2020 y 2030 suponiendo que las tendencias históricas del número de víctimas se mantendrán en el futuro.
- Calcular la reducción potencial de víctimas mortales y lesiones graves entre los UVVP lograda gracias a la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 127 sobre la protección de los peatones.
- Calcular la reducción potencial del número de víctimas mortales y lesiones graves entre los UVVP lograda gracias a la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 152 sobre los AEBS.
- Estimar los beneficios económicos resultantes de la prevención de muertes y la evitación de lesiones graves que se derivan de la aplicación de la normativa, es decir, de la eficacia de los sistemas destinados a evitar los accidentes que las producen;
- Calcular el costo derivado de la aplicación de los Reglamentos, es decir, el aumento del precio de los vehículos si todos los vehículos matriculados por primera vez (República Kirguisa y Serbia) o todos los vehículos nuevos matriculados (Bolivia) a partir de 2020, estuvieran equipados con esos sistemas.
- Calcular la relación beneficio-costos para evaluar el ahorro potencial frente al costo de la aplicación de los Reglamentos núms. 127 y 152.

## I. Previsiones del número de víctimas

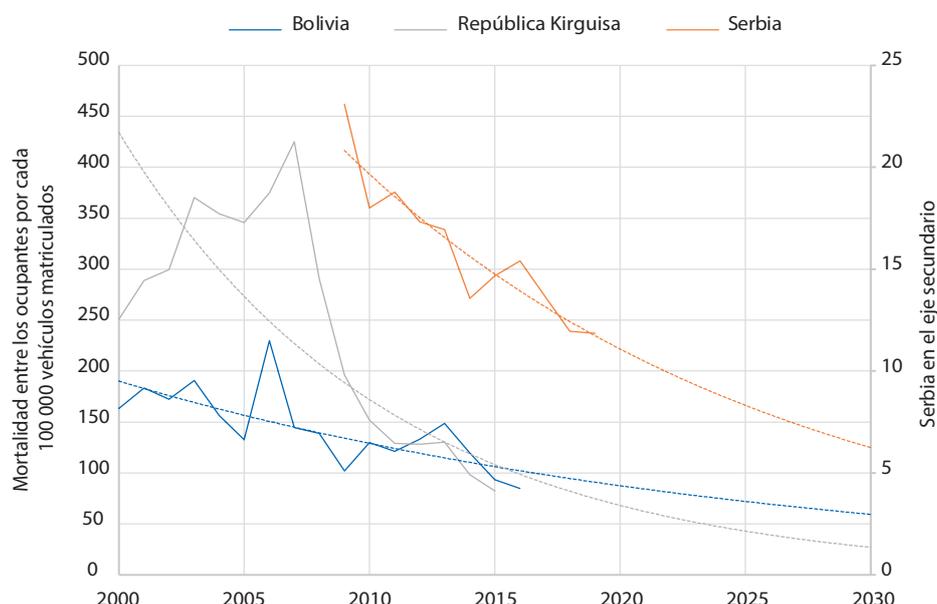
En esta sección se exponen las previsiones del número de víctimas mortales y heridos graves hasta 2030 para cada país. En las estimaciones se tienen en cuenta las tendencias históricas en las tasas de mortalidad y lesiones graves por unidad de medida de la exposición seleccionada: número de automóviles matriculados en el caso del modelo en el que la población de interés son los ocupantes de vehículos, y número de habitantes en el que la población de interés son los UVVP.

### I.1. Ocupantes de los vehículos

El primer paso para estimar las cifras de referencia en cuanto al número de víctimas para 2020-2030 fue extrapolar las tasas históricas de mortalidad y lesiones graves de los ocupantes de automóviles. Al estimar el número de víctimas mortales entre los ocupantes de automóviles, es importante tener en cuenta los niveles de exposición. Es probable, por ejemplo, que el número de víctimas mortales se vea influido por la cantidad de desplazamientos en automóvil (se espera que haya más víctimas cuando el número de desplazamientos es mayor) y por el tamaño de la población (se espera que haya más víctimas en los países con mayor población). Se utilizó como medida de exposición el número de vehículos matriculados por habitante (tasa de motorización) ya que, para los tres países analizados, se disponía de las cifras anuales del parque de vehículos de pasajeros correspondientes a los 20 años anteriores. Si se dispone de ella, debe utilizarse como medida de exposición, por su precisión, el número de pasajeros-kilómetro, la unidad que representa el transporte de un pasajero por un determinado modo de transporte (en este caso el transporte por carretera) a lo largo de un kilómetro, en lugar de la tasa de motorización.

Para obtener las proyecciones del número de víctimas mortales y heridos graves, esos índices de siniestralidad de los ocupantes de vehículos se representaron gráficamente para los años anteriores. La disponibilidad de los datos relativos a las víctimas entre los ocupantes de vehículos era diferente en los tres países. Los últimos datos disponibles para Serbia eran de 2019, para Bolivia de 2016 y para la República Kirguisa de 2015. Además, solo en el caso de Serbia se disponía de información sobre los niveles de gravedad de las lesiones de los ocupantes de vehículos. En los casos de Bolivia y la República Kirguisa, se asumió una proporción de 10:1 entre los heridos graves y los fallecidos (de acuerdo con la recomendación del estudio del IRAP "The true cost of road crashes" (Dahdah y McMahon, 2008). Por último, las cifras anuales de víctimas mortales en Bolivia y la República Kirguisa se multiplicaron por 1,3, con el fin de tener en cuenta las bajas tasas de notificación a que pueden dar lugar los métodos de clasificación de las víctimas mortales por accidentes de tráfico en esos dos países, ya que solo reciben esa consideración los fallecidos en el lugar del accidente (OMS, 2018). Se ha ajustado una línea de tendencia exponencial a los datos de cada país porque las tasas de mortalidad y lesiones graves entre los ocupantes de automóviles por unidad de la medida de exposición han seguido una tendencia decreciente a lo largo del tiempo (figura 5.1). En esos casos, la aplicación de una tendencia lineal conduciría a proyecciones poco realistas en las que las tasas de mortalidad tenderían a cero o entrarían en territorio negativo.

**Figura 5.1 – Índice de mortalidad entre los ocupantes de automóviles (por cada 100.000 vehículos matriculados) en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030, eje secundario)**



Según las previsiones obtenidas al aplicar la trayectoria actual, el número de víctimas mortales entre los ocupantes de automóviles por cada 100.000 vehículos matriculados en 2030 será ligeramente inferior a 60 en Bolivia, a 27 en la República Kirguisa y a 6 en Serbia.

Como se ha mencionado anteriormente, no se disponía de datos sobre lesiones graves en Bolivia y la República Kirguisa. Por otro lado, se disponía de datos desglosados y clasificados sobre lesiones graves en Serbia. Los datos históricos sobre víctimas mortales y lesiones graves entre los ocupantes de vehículos en Serbia siguen una trayectoria muy parecida, lo que avala la hipótesis de aplicar una relación similar a los otros dos países para los que no se disponía de datos desglosados sobre lesiones en línea. Tomando como base la trayectoria actual, se espera que, para 2030, la cifra de heridos graves sea inferior a 40 por cada 100.000 vehículos en Serbia, mientras que en Bolivia y la República Kirguisa se espera que sea algo superior a 500 y 250 por cada 100.000 vehículos, respectivamente (figura 5.2).

Junto con las tasas de mortalidad y lesiones graves se proyectó, sobre la base de los datos disponibles, el número de vehículos de turismo matriculados en los tres países hasta 2030 (figura 5.3).

Para 2030, se prevé que el número de automóviles matriculados será de algo menos de 2 millones tanto en Bolivia como en la República Kirguisa, mientras que en Serbia se prevé que supere los 2,5 millones. Teniendo en cuenta las tendencias de crecimiento de los parques automovilísticos nacionales y proyectando esas tendencias históricas de forma lineal en el tiempo, se estimó el número de víctimas hasta 2030 en los tres países.

Los índices de siniestralidad de los últimos años reflejarán el efecto de normativas ya en vigor. Como los índices están disminuyendo en los tres países incluidos en el análisis, la tasa de mortalidad se extrapolará adoptando una tendencia exponencial, ya que se demostró que eso se ajustaba bien a los datos y garantizaba que los valores no llegaran a cero (lo que sería poco realista) para ningún país durante la escala temporal del análisis (2020-2030). Para el cálculo de las víctimas mortales se extrapolaron también la medida de exposición seleccionada y el número de vehículos de turismo matriculados adoptando una tendencia lineal similar a la observada desde el año 2000. Como parte del análisis de sensibilidad también se aplicó el modelo a otros escenarios (anexo I). Las proyecciones de la tasa de mortalidad y del número de vehículos matriculados se combinaron para obtener una estimación de los datos de referencia del número de víctimas para el período 2020-2030. En el cálculo de esas proyecciones del número de víctimas no se tuvieron en cuenta otras normativas sobre vehículos o medidas de seguridad vial que pudieran introducirse en los países durante el período hasta 2030, ya que su efecto no podía modelarse sobre la base de las cifras de víctimas registradas en el pasado. Se hizo un cálculo de cuántas muertes y lesiones graves entre los ocupantes de automóviles se producirían cada año hasta 2030, suponiendo que se mantuviera la tendencia de referencia en cuanto a los avances en la seguridad de los ocupantes de automóviles.

Figura 5.2 – Índice de lesiones graves entre los ocupantes de vehículos (por cada 100.000 vehículos matriculados) en Bolivia, República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030, eje secundario)

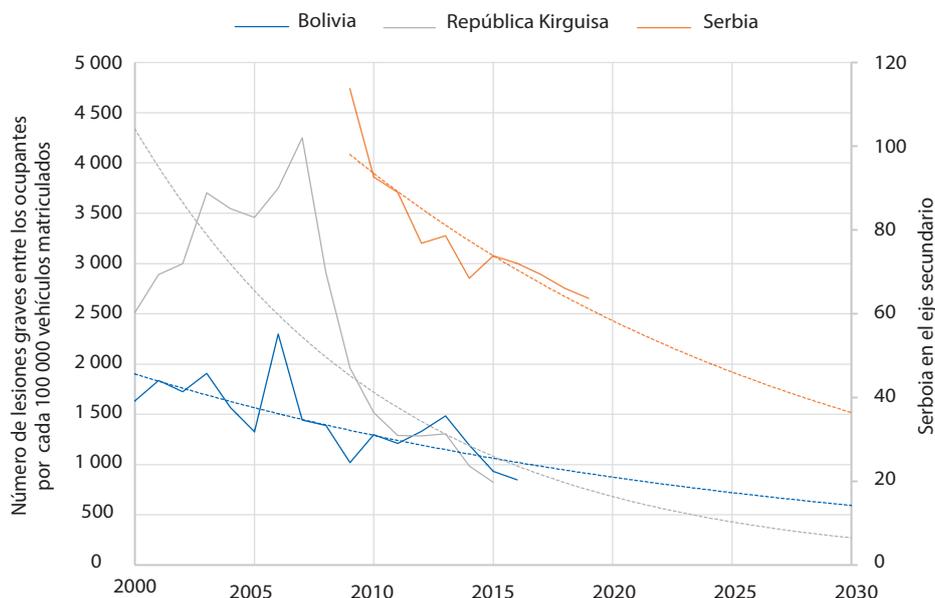
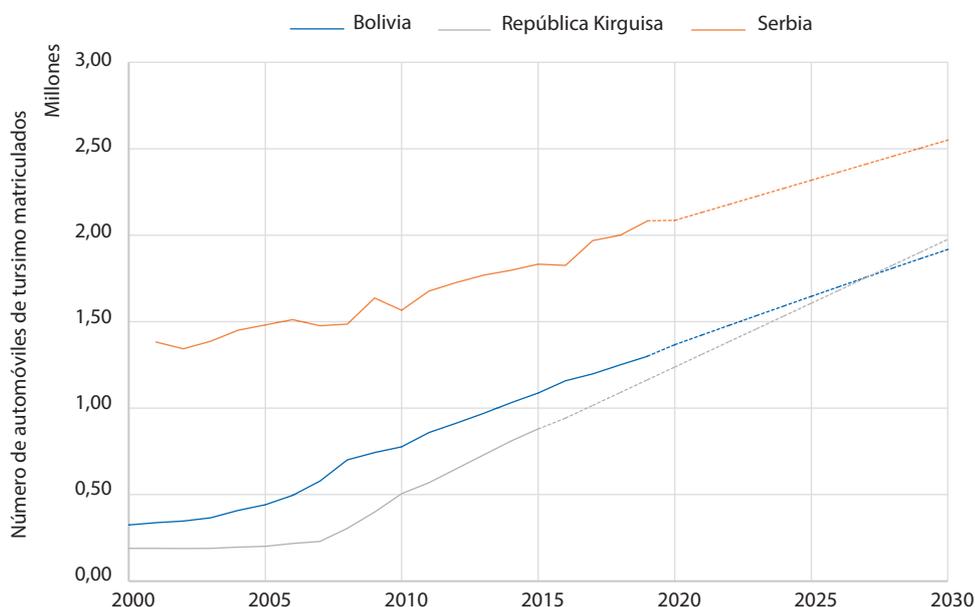


Figura 5.3 – Número de automóviles matriculados en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2001-2030)

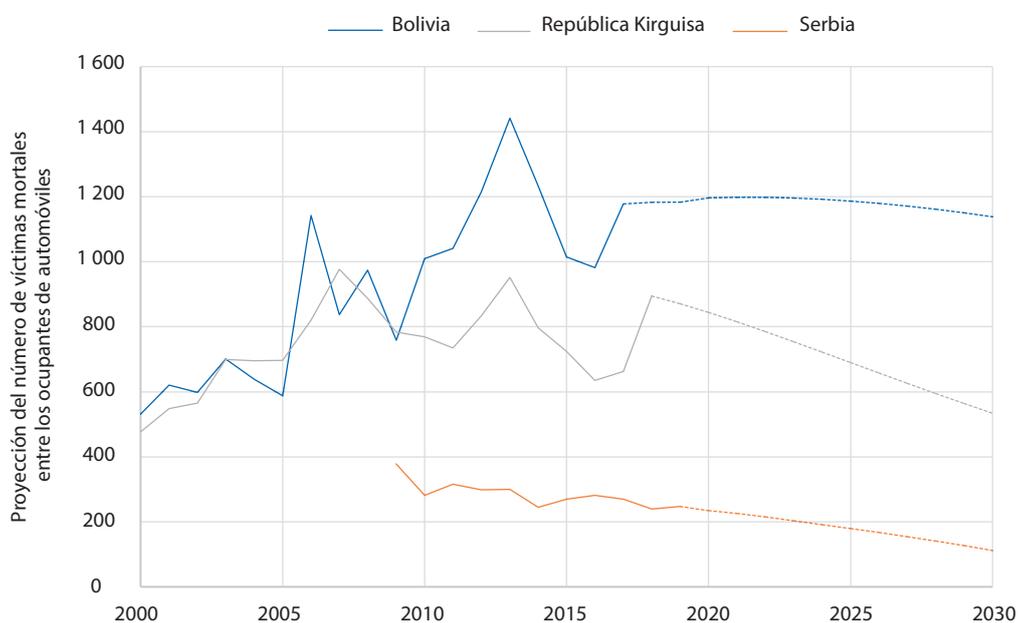


Se prevé que el número de víctimas mortales y heridos graves entre los ocupantes de automóviles aumente hasta 2024, tras lo cual se observa una tendencia a la baja. En la República Kirguisa y en Serbia se prevé que la actual tendencia a la baja de ambas cifras continúe hasta 2030 (figuras 5.4 y 5.5).

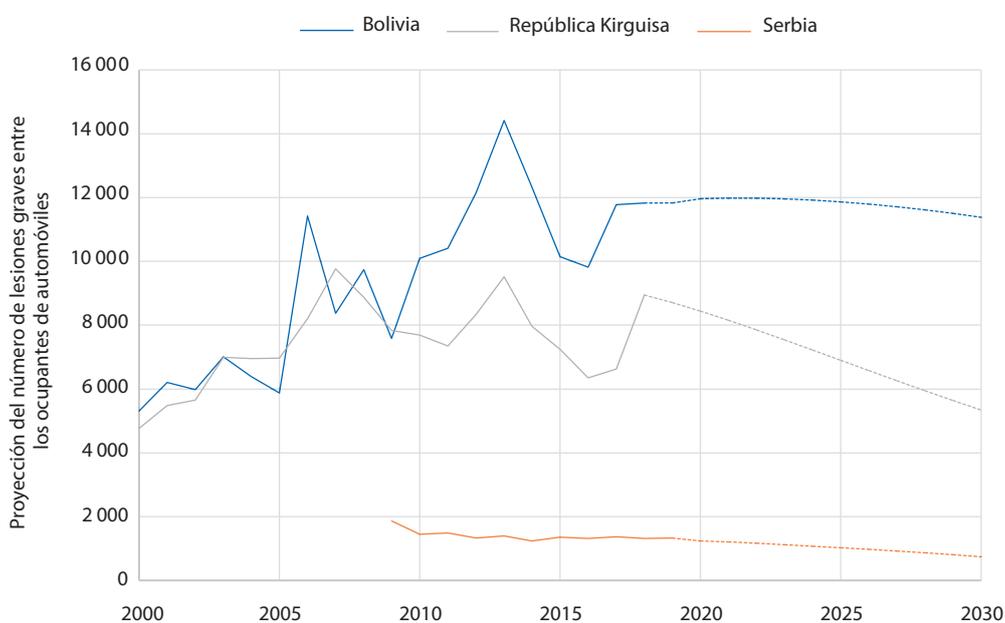
### 1.1. Usuarios vulnerables de la vía pública

Al igual que con el modelo de los ocupantes de automóviles, también fue necesario establecer estimaciones de referencia sobre la mortalidad de peatones y ciclistas. Las estimaciones se basan en los datos históricos disponibles para los tres países

**Figura 5.4 – Número de víctimas mortales entre los ocupantes de automóviles en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)**



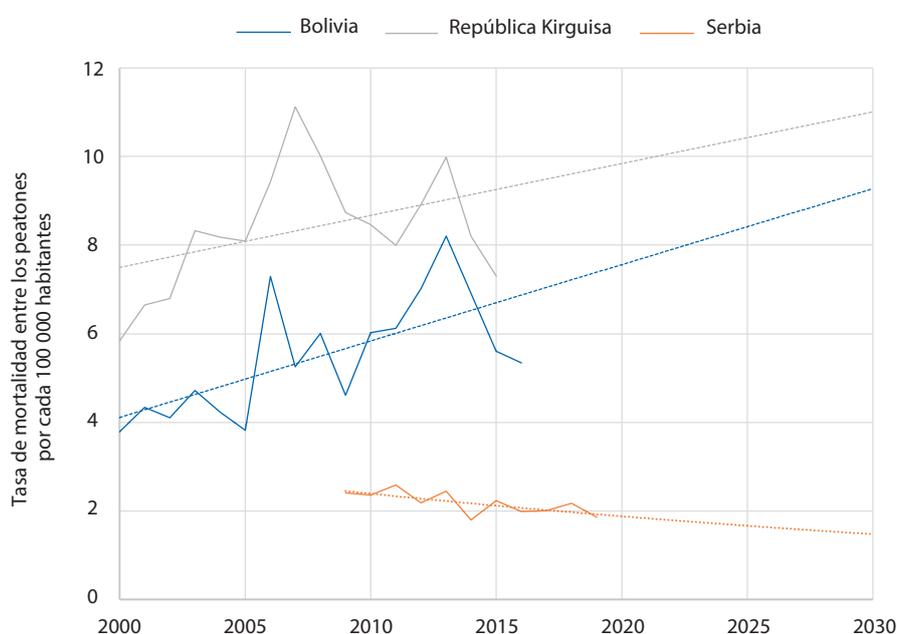
**Figura 5.5 – Número de lesiones graves entre los ocupantes de automóviles en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)**



analizados. Para calcular las proyecciones de víctimas entre los UVVP hasta 2030, se extrapoló la tendencia de la tasa de víctimas de peatones y ciclistas por habitante. La disponibilidad de los datos relativos a las víctimas entre los UVVP era diferente en los tres países. Los últimos datos disponibles para Serbia eran de 2019, mientras que los datos de víctimas entre los UVVP para Bolivia y la República Kirguisa se dedujeron a partir de las estimaciones consignadas en los informes sobre la situación mundial de la

seguridad vial elaborados por la OMS (ediciones de 2008, 2013, 2015 y 2018). Además, solo en el caso de Serbia se disponía de información sobre los niveles de gravedad de las lesiones de las víctimas entre los UVVP. En los casos de Bolivia y la República Kirguisa, se asumió una proporción de 8:1 entre los heridos graves y los fallecidos (de acuerdo con la recomendación del estudio del IRAP "The true cost of road crashes" (Dahdah y McMahon, 2008). Al igual que en el caso de los datos correspondientes a los ocupantes de vehículos, las cifras anuales de víctimas mortales en Bolivia y la República Kirguisa se multiplicaron por 1,3, con el fin de tener en cuenta las bajas tasas de notificación a que pueden dar lugar los métodos de clasificación de las víctimas mortales por accidentes de tráfico en esos dos países, ya que solo reciben esa consideración los fallecidos en el lugar del accidente (OMS, 2018). En el caso de Serbia se adoptó una tendencia exponencial para extrapolar la tasa de víctimas, ya que las víctimas entre los UVVP por habitante habían disminuido en el período anterior. Por el contrario, en los casos de Bolivia y la República Kirguisa se adoptó una tendencia logarítmica, ya que el número de víctimas por habitante habían ido en aumento. La extrapolación de la cifra de referencia de víctimas mortales facilita una población objetivo a la que afectan las medidas de seguridad dirigidas a los UVVP. En el caso que nos ocupa, el principal grupo de interés son las víctimas por accidentes de tráfico entre los UVVP. Las tasas actuales y las extrapolaciones en el caso de los peatones se presentan en las figuras 5.6 y 5.7.

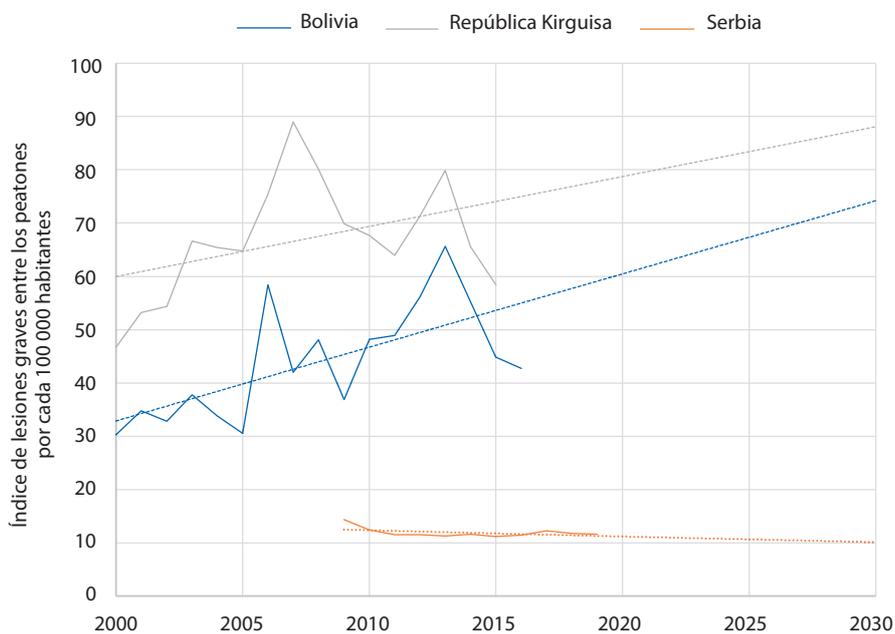
**Figura 5.6 – Tasa de mortalidad entre los peatones (por cada 100.000 habitantes) en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)**



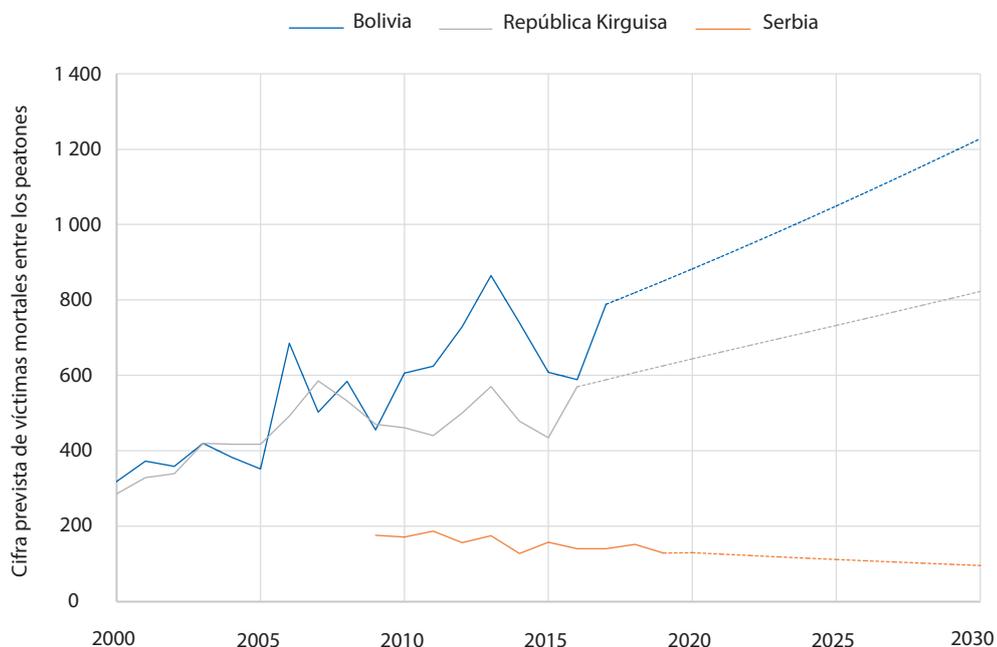
Para calcular la cifra de referencia de víctimas mortales se combinan las proyecciones de la población (generadas por la División de Población de las Naciones Unidas) con el índice de mortalidad entre los peatones previsto. Al igual que en el caso de los datos de víctimas entre los ocupantes de automóviles, los índices anuales históricos se extrapolaron para estimar los índices anuales de víctimas entre los peatones y ciclistas en cada uno de los países hasta 2030, suponiendo que las tendencias actuales en materia de seguridad vial se mantendrán en el futuro. En el caso de Serbia, se ha ajustado una línea de tendencia exponencial a los datos del país porque los índices de mortalidad y lesiones graves entre los UVVP por habitante han seguido una tendencia decreciente a lo largo del tiempo. Por el contrario, en los casos de Bolivia y la República Kirguisa, se adoptó una tendencia logarítmica, ya que se ajusta mejor al aparente aumento de víctimas UVVP en los dos países durante el último período. En el caso de los peatones, los resultados se muestran para cada país en las figuras 5.8 y 5.9. Esas estimaciones representan las cifras previstas si la seguridad vial sigue evolucionando como lo ha hecho en los últimos años y no se aplican nuevas normas de seguridad para los vehículos.

Los mismos principios se aplicaron a los datos sobre las víctimas entre los ciclistas. Las cifras de referencia por habitante se muestran en las figuras 5.10 y 5.11, mientras que las estimaciones de víctimas mortales y heridos graves entre los ciclistas hasta 2030 se muestran en las figuras 5.12 y 5.13 para los tres países.

**Figura 5.7 – Tasa de lesiones graves entre los peatones (por cada 100.000 habitantes) en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)**



**Figura 5.8 – Número de víctimas mortales entre los peatones en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)**



Los datos de víctimas entre los ciclistas en Serbia parecen indicar que hay algunos problemas en cuanto a la notificación anual del número de víctimas mortales y heridos graves. No obstante, los datos reflejan una tendencia estable a lo largo del tiempo y, por lo tanto, se consideraron apropiados para establecer proyecciones del número de víctimas en el futuro. Los datos de víctimas entre los ciclistas en Bolivia y la República Kirguisa se obtuvieron sobre la base del número total de víctimas mortales por accidentes

Figura 5.9 – Número de lesiones graves entre los peatones en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)

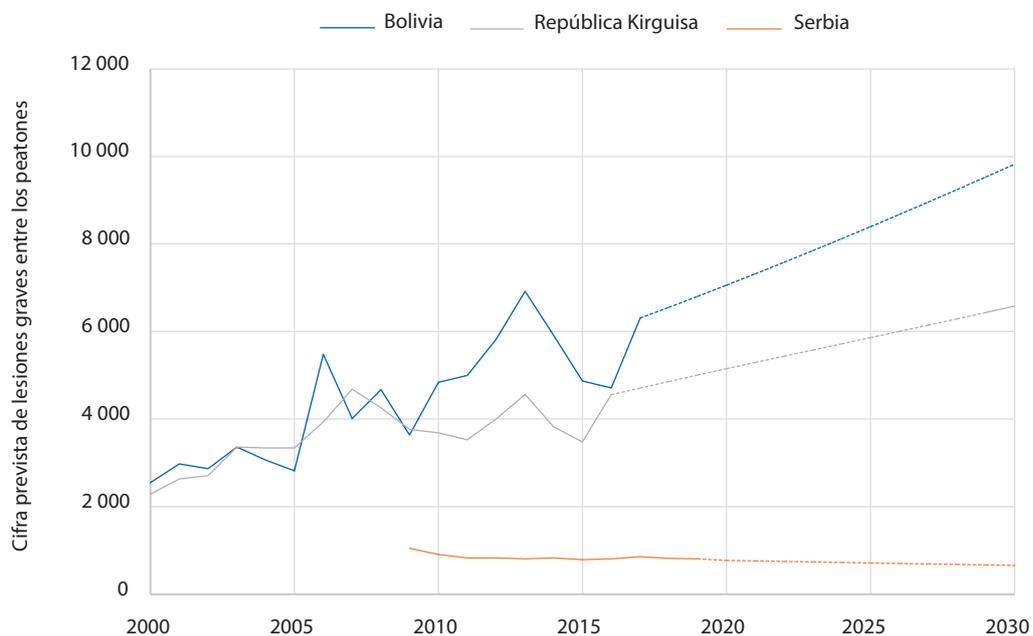
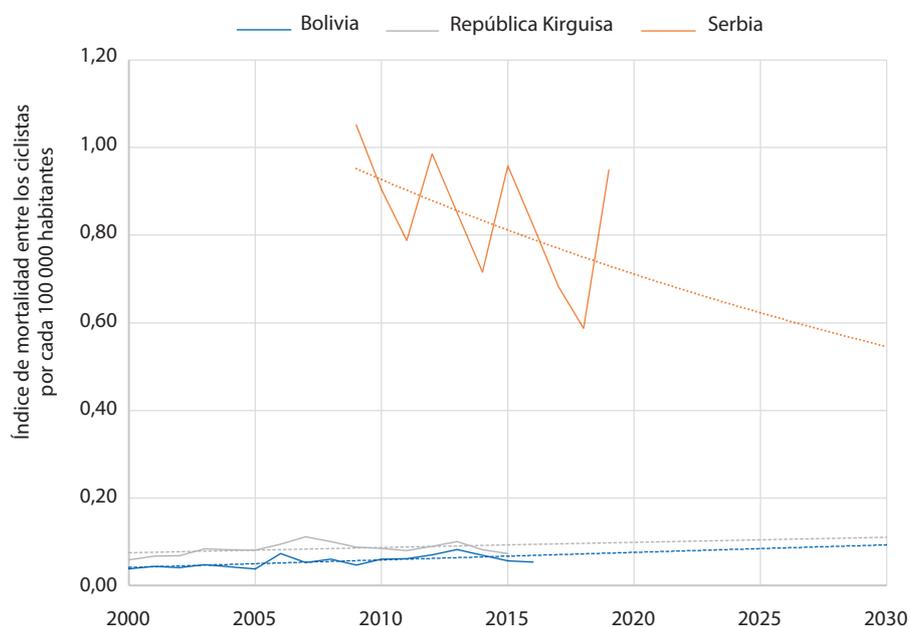
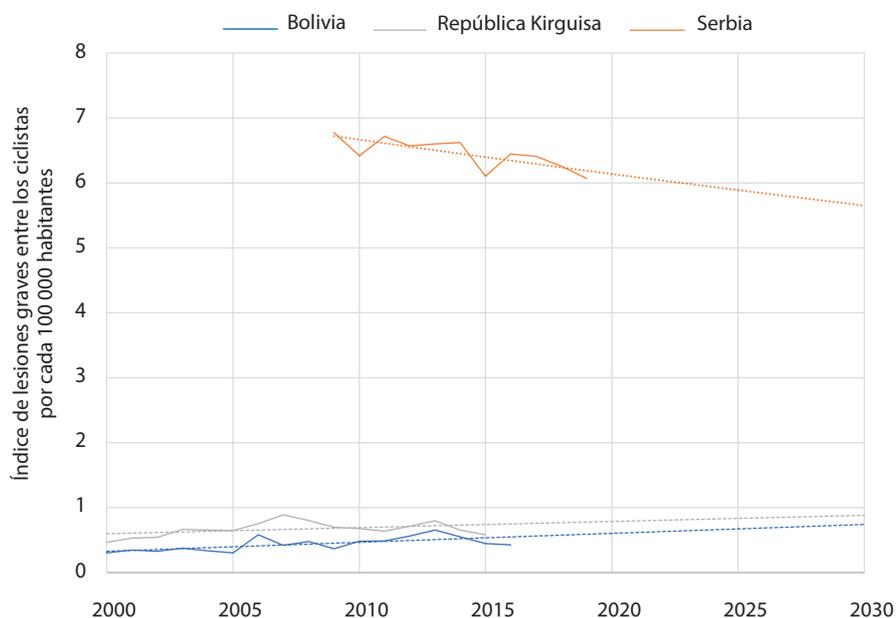


Figura 5.10 – Tasa de mortalidad entre los ciclistas (por cada 100.000 habitantes) en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)

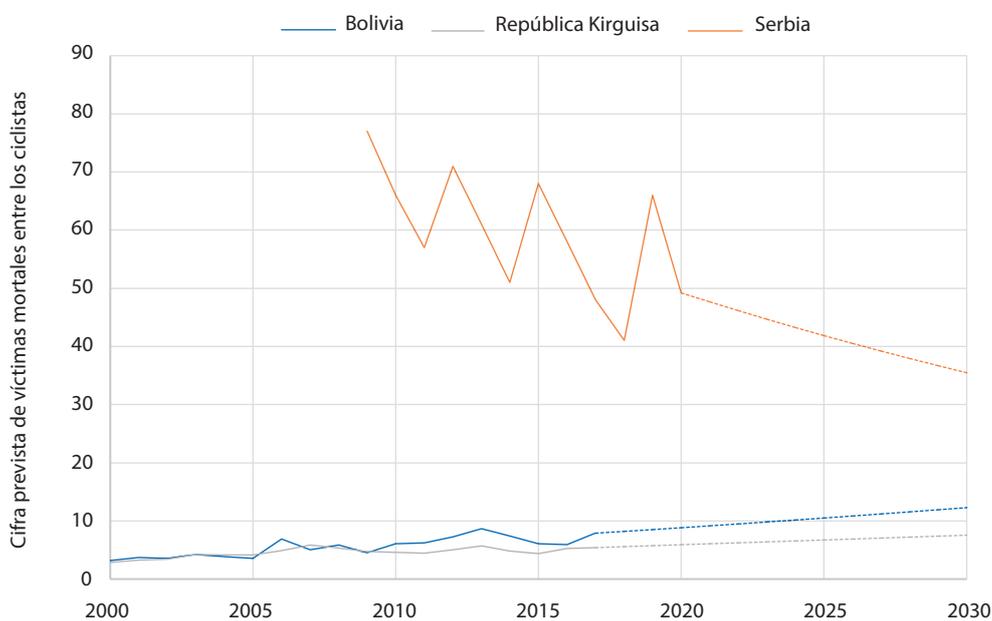


de tráfico notificadas en el país y las estimaciones de los informes sobre la situación mundial de la seguridad vial elaborados por la OMS (ediciones de 2008, 2013, 2015 y 2018), que indican que los ciclistas representan el 1 % del número total de víctimas mortales por accidentes de tráfico en ambos países.

**Figura 5.11 – Tasa de lesiones graves entre los ciclistas (por cada 100.000 habitantes) en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)**

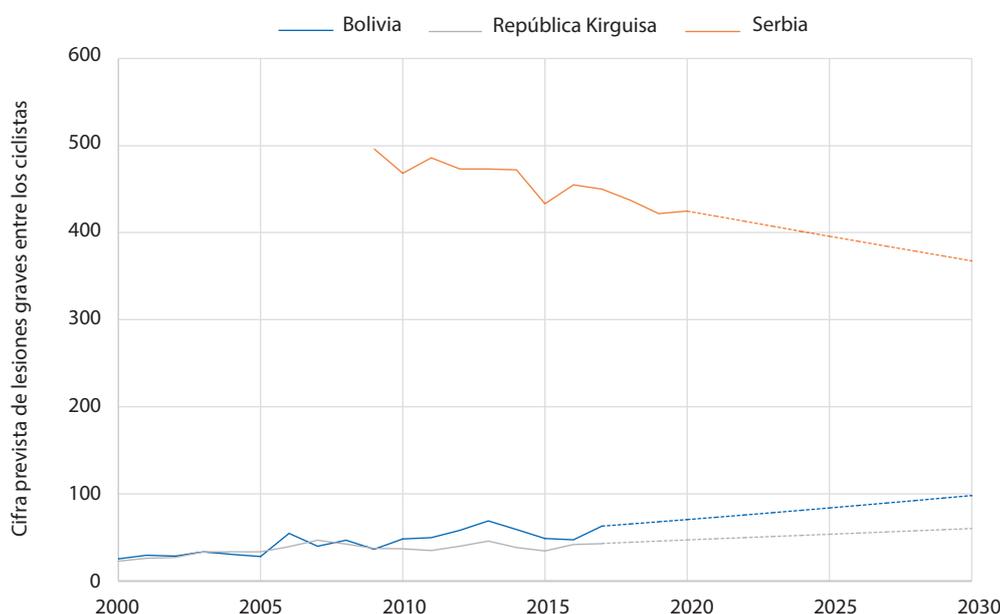


**Figura 5.12 – Número de víctimas mortales entre los ciclistas en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)**



El siguiente paso en la aplicación del modelo fue establecer la eficacia potencial del AEBS, que detecta a los UWP (incluidos los peatones y los ciclistas) y responde ante su presencia, y de la protección pasiva convencional proporcionada por los cambios en la geometría y la rigidez de los frontales de los coches.

**Figura 5.13 – Número de lesiones graves entre los ciclistas en Bolivia, la República Kirguisa (2000-2030) y Serbia (2009-2030)**



## II. Beneficios en cuanto al número de víctimas y costos económicos de la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos

En esta sección se presentan los resultados de las estimaciones de costos y beneficios derivados de la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas relativos a los vehículos cuya implantación se ha considerado en los tres países objeto del estudio. Para cada tipo de víctima se introducen las hipótesis sobre la penetración de las distintas tecnologías en el parque de vehículos, junto con el número de víctimas que podrían evitarse gracias a la aplicación de la tecnología de que se trate (según las estimaciones de la eficacia de la tecnología y la penetración en el parque de vehículos). Para calcular los beneficios en cuanto a las víctimas que podrían lograrse en los tres países mediante la aplicación de los Reglamentos núm. 127 sobre la protección de los peatones, núm. 140 sobre la ESC y núm. 152 sobre los AEBS se empleó el método descrito en el capítulo IV, el enfoque VVE, mientras que para calcular el lado de los costos de la ecuación se emplearon las estimaciones de costos descritas.

El número de vidas salvadas y de lesiones evitadas dependerá del ritmo de la introducción de vehículos dotados de los equipos y tecnologías pertinentes durante el plazo para el que se calculan las estimaciones, de la población prevista de ocupantes de vehículos expuestos a colisiones en las que las tecnologías son eficaces y de la eficacia de la tecnología para evitar víctimas.

En el escenario para la República Kirguisa y para Serbia se supone que, a partir de 2020, todos los coches matriculados por primera vez estén equipados con ESC. En el caso de Bolivia, se considera un escenario en el que todos los coches nuevos matriculados a partir de 2020, cumplen con el Reglamento núm. 140. El número de primeras matriculaciones y de matriculaciones de vehículos nuevos para cada año durante el período 2020-2030 se obtuvo adoptando una tendencia lineal de los datos basada en las cifras de matriculaciones anuales disponibles de los países durante el decenio anterior. Las cifras de matriculación se obtuvieron de las bases de datos estadísticas nacionales y se complementaron, en su caso, con la base de datos estadísticas de la CEPE y con datos de ventas de vehículos nuevos en los países de la Asociación Internacional de Fabricantes de Automóviles (OICA).

Además, es posible influir en el equipamiento de los parques de vehículos a través de incentivos para sustituir los automóviles viejos por otros nuevos. El efecto de esas iniciativas sería aumentar los beneficios poco después de la aplicación de la legislación, con el correspondiente incremento del número total de vidas salvadas y la obtención de mayores beneficios (sobre todo si se tiene en cuenta el descuento de las prestaciones futuras). Esos aspectos no se han considerado en el presente análisis. De haberse tenido en cuenta, podrían contribuir a la solidez de las estimaciones de los beneficios derivados de la aplicación de la normativa sobre vehículos para mejorar la seguridad vial.

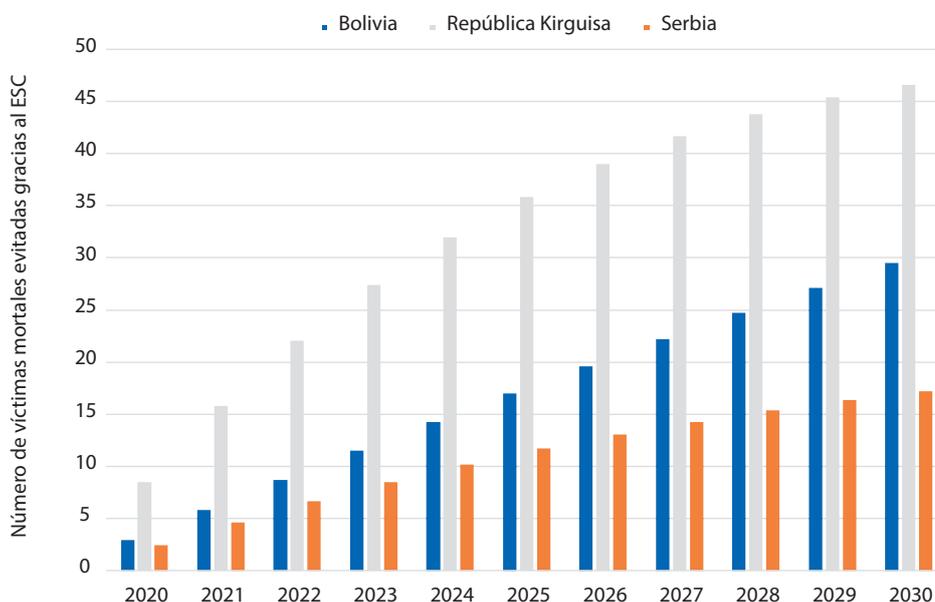
### II.1. Ocupantes de los automóviles

El siguiente paso en el establecimiento del modelo aplicable a los ocupantes de los automóviles fue determinar la proporción del número total de víctimas que corresponde a los tipos de colisiones que el ESC está llamado a mitigar, y la eficacia del ESC en la prevención de muertes y la evitación de lesiones graves como consecuencia de esas colisiones con víctimas “relevantes para el ESC”. Esos factores se obtuvieron de la recomendación basada en la revisión de la bibliografía del estudio del TRL de 2019 (Wallbank *et al.*, 2019). En su análisis, los autores de ese estudio consideraron el 37,9 % del número total de víctimas entre los ocupantes de automóviles como población objetivo en el caso de las colisiones relacionadas con el ESC (pérdida de control). Dentro de esa población objetivo, se adoptaron las cifras del 34,9 % como eficacia en la prevención de víctimas mortales y del 21 % en la evitación de lesiones graves.

Esos valores se aplicaron en el análisis de referencia para estimar el número de víctimas mortales y heridos graves que podrían evitarse anual y acumulativamente hasta 2030 gracias a la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 en los tres países incluidos en el estudio, mientras que en el análisis de sensibilidad se incluyeron la proporción del número total de accidentes de tráfico relevantes para la ESC y los índices de eficacia del sistema (anexo I).

De los resultados se desprende que, teniendo en cuenta la población involucrada en accidentes de tráfico, las estimaciones de la eficacia de la tecnología y su penetración en el parque de vehículos, tal como se han descrito anteriormente, con la aplicación del Reglamento núm. 140 se podrían evitar hasta 2030 183 muertes en Bolivia, 358 en la República Kirguisa y 120 en Serbia (figura 5.14).

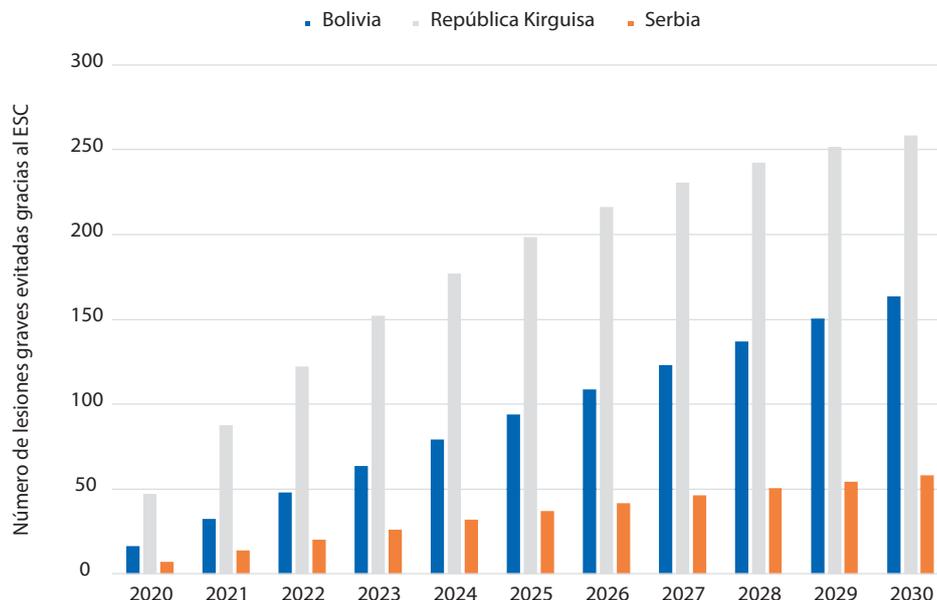
**Figura 5.14 – Estimación del número de vidas de ocupantes de automóviles salvadas gracias a la aplicación del Reglamento núm. 140 de las Naciones Unidas a partir de 2020 (2020-2030)**



Según las mismas hipótesis adoptadas en el modelo, mediante la aplicación del Reglamento núm. 140 de las Naciones Unidas, hasta 2030 se podrían evitar más de 1.000 lesiones graves en Bolivia, casi 2.000 en la República Kirguisa y casi 400 en Serbia (figura 5.15). El enfoque adoptado tiene algunas limitaciones importantes, debido a la escasez de datos disponibles sobre lesiones graves de Bolivia y la República Kirguisa, por lo que los resultados presentados deben tomarse con cierta precaución.

Una vez realizada la proyección del número de víctimas mortales y heridos graves para el período 2020-2030 como resultado de la aplicación de la normativa, se utilizó el método VVE para cuantificar el beneficio económico correspondiente. Utilizando ese método, que consiste en monetizar la pérdida de cada vida y cada lesión grave expresando su valor como un factor del PIB, se

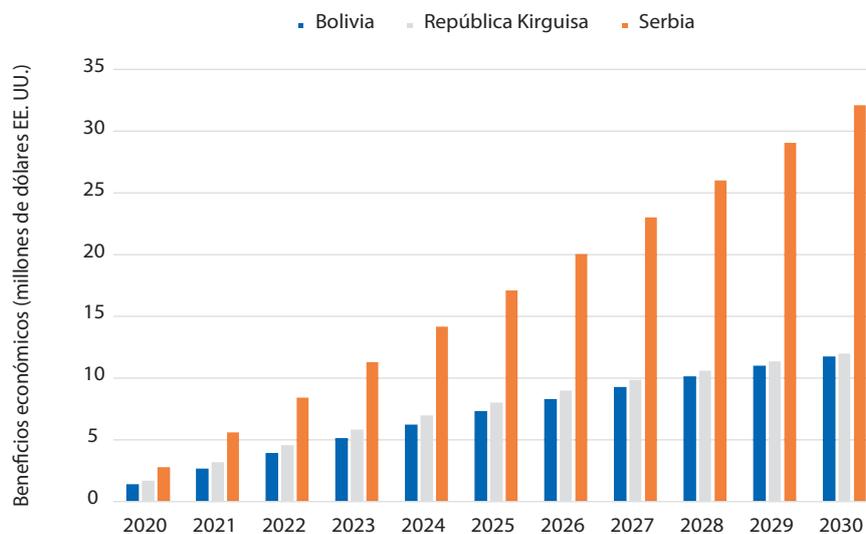
**Figura 5.15 – Estimación del número de lesiones entre los ocupantes de automóviles evitadas gracias a la aplicación del Reglamento núm. 140 de las Naciones Unidas a partir de 2020 (2020-2030)**



calculó el beneficio económico derivado de la aplicación del Reglamento núm. 140. Esas cifras pueden compararse entre países y pueden calcularse fácilmente a partir de los datos sobre la carga del sistema de salud. Basándose en ejemplos obtenidos de estudios similares, se adoptó la cifra de 103,6 veces el PIB como valor de la pérdida económica resultante de una muerte por accidente de tráfico (Wallbank *et al.*, 2019), mientras que se cifró en 17 veces el PIB per cápita el valor de la pérdida económica resultante de una lesión grave por accidente de tráfico (Dahdah y McMahon, 2008). En el análisis de sensibilidad (anexo I) se hicieron otras estimaciones utilizando el método VVE aplicando multiplicadores de aumento y de reducción.

Los beneficios económicos anuales que supone la evitación de las víctimas en esos tres países entre 2020 y 2030 se presentan en la figura 5.16, y las cifras totales correspondientes a los beneficios económicos y las víctimas se presentan en el cuadro 5.1.

**Figura 5.16 – Estimación del beneficio económico derivado de la evitación de víctimas entre los ocupantes de vehículos gracias a la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 a partir de 2020 (2020-2030)**



## CUADRO 5.1

**Estimación del número de víctimas evitadas y de los beneficios económicos derivados de la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 a partir de 2020 (2020-2030)**

| Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 – Estimaciones de los beneficios económicos derivados del ESC |  |  |   |  |   |
|--|--|--|---|--|---|
|  | Número acumulado de vidas salvadas 2020-2030 | Número acumulado de lesiones graves evitadas 2020-2030 | Estimación media de la pérdida económica que supone una víctima mortal por accidente de tráfico (2018, dólares EE. UU.) | Estimación media de la pérdida económica que supone un herido grave por accidente de tráfico (2018, dólares EE. UU.) | Total del beneficio económico 2020-2030 (2018, dólares EE. UU.) |
| Bolivia  | 183  | 1 016  | 225 814   | 36 983   | 77 169 196  |
| República Kirguisa   | 358  | 1 984  | 117 368   | 19 222   | 83 004 593  |
| Serbia   | 120  | 387  | 965 008   | 158 059  | 189 694 632   |

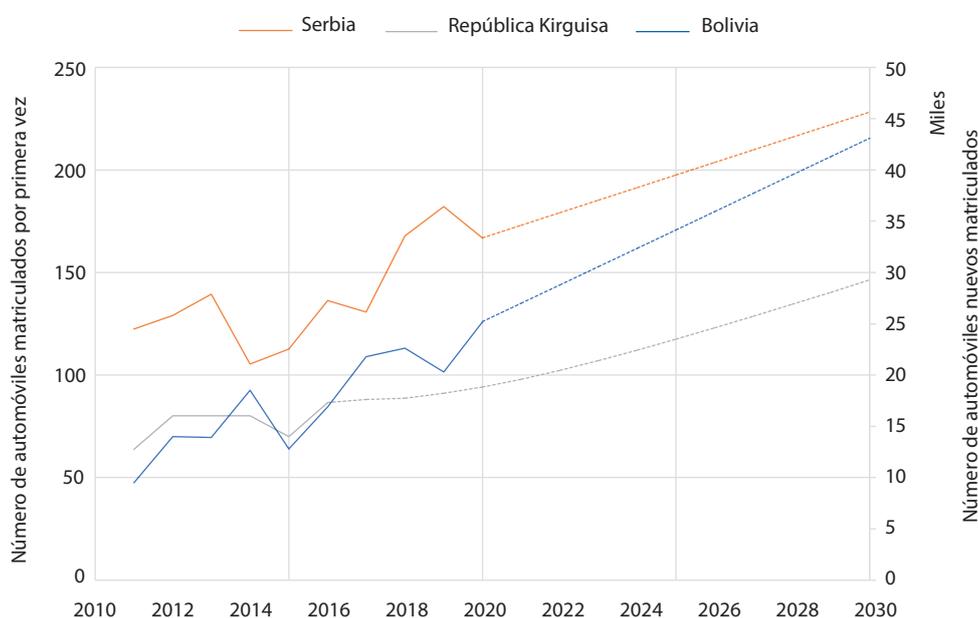
Como la unidad de medida de los beneficios económicos es el PIB per cápita, los beneficios acumulados para cada país son inversamente proporcionales al número real de víctimas evitadas debido a que, de los tres países objeto del estudio, Serbia es el que tiene el mayor PIB per cápita, actual y previsto, seguido de Bolivia. Una debilidad inherente al enfoque VVE como método para monetizar el ahorro derivado de la evitación de víctimas según los datos de PIB es que, como tal, solo es válido para realizar estimaciones nacionales y no para establecer cifras de referencia a nivel internacional.

Se estima que, de acuerdo con los supuestos mencionados anteriormente en relación con el parque de vehículos, la aplicación del Reglamento núm. 140 daría lugar a un beneficio económico acumulado durante el período 2020-2030 de 77,2 millones de dólares en el caso de Bolivia, 83 millones en el de la República Kirguisa y 189,7 millones en el de Serbia. Los beneficios económicos previstos en el futuro se han capitalizado adoptando una tasa de descuento anual del 4,5 %.

Las estimaciones del costo que supone equipar un vehículo con un sistema ESC se obtuvieron de la bibliografía. Para obtener las estimaciones del costo derivado de la aplicación del Reglamento núm. 140 hasta 2030 en los tres países se utilizó la cifra promedio de 50 dólares por vehículo, mientras que en el análisis de sensibilidad se utilizaron las estimaciones más baja y más alta, de 36,67 y 102 dólares, respectivamente (como se hizo en Wallbank *et al.*, 2019). En la figura 5.17 se muestra el número previsto de coches equipados con ESC que entran en el parque automovilístico de cada uno de los tres países, según una tendencia lineal establecida a partir de los datos existentes, en las hipótesis sobre la introducción de esa tecnología en el parque de vehículos indicadas al principio de la presente sección.

Para estimar el costo que supone equipar con ESC los segmentos del parque de vehículos considerados de cada país a partir de 2020, se calcula el número de vehículos equipados con ESC que se incorporan a ese parque. La cifra se multiplica por el costo para cada vehículo: 50 dólares. Se aplicó una tasa de descuento anual del 4,5 % a los costos anuales totales, para tener en cuenta la inflación de los precios y los efectos de la curva de aprendizaje. Como resultado, las cifras que se presentan en el cuadro 5.2 representan el costo adicional que supone para cada país la introducción del Reglamento (esos costos están descontados al equivalente en dólares de 2020). En el análisis de sensibilidad (anexo I) se consideran estimaciones de costos alternativas.

Se pueden asignar más costos a la introducción de los Reglamentos de las Naciones Unidas en los países que los aplican. Se trata de los costos de mantenimiento del personal de las entidades gubernamentales que actúan como organismos de homologación y de los costos relacionados con el establecimiento de servicios técnicos e instalaciones de ensayo en las que los vehículos, sus equipos y piezas, se someten a pruebas de conformidad con los distintos Reglamentos anexos al Acuerdo de 1958. El costo de la creación de los organismos de homologación puede ser nulo si alguna entidad gubernamental existente y sus funcionarios pueden encargarse de las tareas correspondientes, o puede estimarse en una cifra de entre dos y cinco sueldos medios anuales de funcionarios en un país que haya de crear una entidad nueva para llevar a cabo esas actividades. Si, además, se dedican fondos a establecer instalaciones de ensayo, los costos pueden ascender a decenas de millones de dólares. Esos costos no se han tenido en cuenta en el análisis que se expone en el presente estudio. No obstante, el modelo presentado puede ajustarse fácilmente para tener en cuenta dichos gastos en función de la situación, los planes y las necesidades de los países concretos.

**Figura 5.17 – Estimaciones de automóviles nuevos matriculados en Bolivia (eje secundario) y de automóviles matriculados por primera vez en la República Kirguisa y Serbia (2011-2030)**

**CUADRO 5.2**
**Estimación de los costos derivados de la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 a partir de 2020 (2020-2030)**

| Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 – Estimaciones de los costos derivados de la introducción del ESC |  |  |
|--|--|--|
|  | Vehículos adicionales equipados en 2020-2030 según el modelo | Costo económico en 2020-2030 (2018, dólares EE. UU.) |
| Bolivia  | 375 668  | 14 869 889   |
| República Kirguisa   | 1 304 081  | 51 802 325   |
| Serbia   | 2 172 988  | 86 835 967   |

**II.II. Usuarios vulnerables de la vía pública**

Para estimar el número de víctimas que podría evitarse con la aplicación de los Reglamentos núms. 127 y 152 de las Naciones Unidas se aplicaron a las cifras de referencia de víctimas mortales entre los UVVP previstas los siguientes índices de eficacia (basado en Wallbank *et al.*, 2019):

- 48 % de eficacia en la prevención de muertes entre los peatones;
- 55 % de eficacia en la prevención de muertes entre los ciclistas;
- 42 % de eficacia en la evitación de lesiones graves entre los peatones;
- 33 % de eficacia en la evitación de lesiones graves entre los ciclistas.

El RTM núm. 9 de las Naciones Unidas proporciona estimaciones de la eficacia del ajuste del diseño de los vehículos derivado de los requisitos establecidos en el Reglamento de las Naciones Unidas núm. 127 en toda Europa y otras regiones del mundo. Para determinar el número de muertes por accidentes de tráfico entre los peatones se adoptó una efectividad del 3,9 %, y del 1,4 % para el número de muertes entre los ciclistas. En cuanto a la evitación de lesiones graves, se adoptó una eficacia del 11,8 % en el caso de los peatones, y del 4,7 % en el de los ciclistas. La asignación de esos valores a la eficacia refleja lo siguiente:

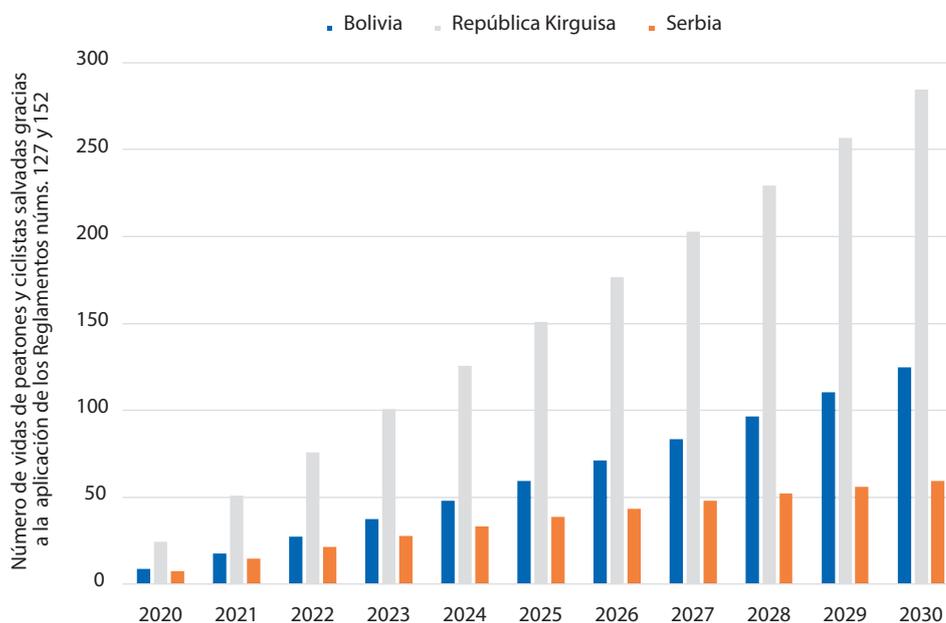
- No todas las muertes de peatones son causadas por colisiones con automóviles;
- No todas las muertes de peatones son causadas por los frontales de los vehículos;
- La normativa se centra en la zona central del frontal del vehículo;
- Algunas lesiones se producen por contactos secundarios con el suelo, con otras partes del vehículo o con otros vehículos.

La consideración de todos esos aspectos conduce a las bajas estimaciones de la eficacia citadas en el RTM de las Naciones Unidas y otros estudios (Wallbank *et al.*, 2019). Como alternativa, en el análisis de sensibilidad se adoptaron estimaciones de la eficacia más altas y más bajas para los reglamentos relacionados con los UVVP (anexo I).

De las estimaciones que figuran en la bibliografía se desprende que el Reglamento de las Naciones Unidas núm. 152 tendrá una eficacia del 48 % para reducir las muertes entre los peatones y un 42 % para reducir las lesiones graves. Las cifras equivalentes para el Reglamento núm. 127 y el RTM núm. 9 son el 3,9 % y el 11,8 %, respectivamente. Las estimaciones de la eficacia de esos dos Reglamentos son del 55 % y del 1,4 % en lo que se refiere a prevenir las muertes entre los ciclistas, mientras en lo que se refiere a evitar las lesiones graves son del 33 % y del 4,7 %, respectivamente. La combinación de esas estimaciones con la penetración de la tecnología en el parque de vehículos permite estimar el número de vidas salvadas gracias a los AEBS y a la modificación de diseño de los vehículos para proteger a los peatones durante el período 2020-2030 en los países objeto del estudio. Los resultados que se presentan son una estimación combinada del efecto de ambas medidas normativas en el número de víctimas evitadas entre los peatones y ciclistas.

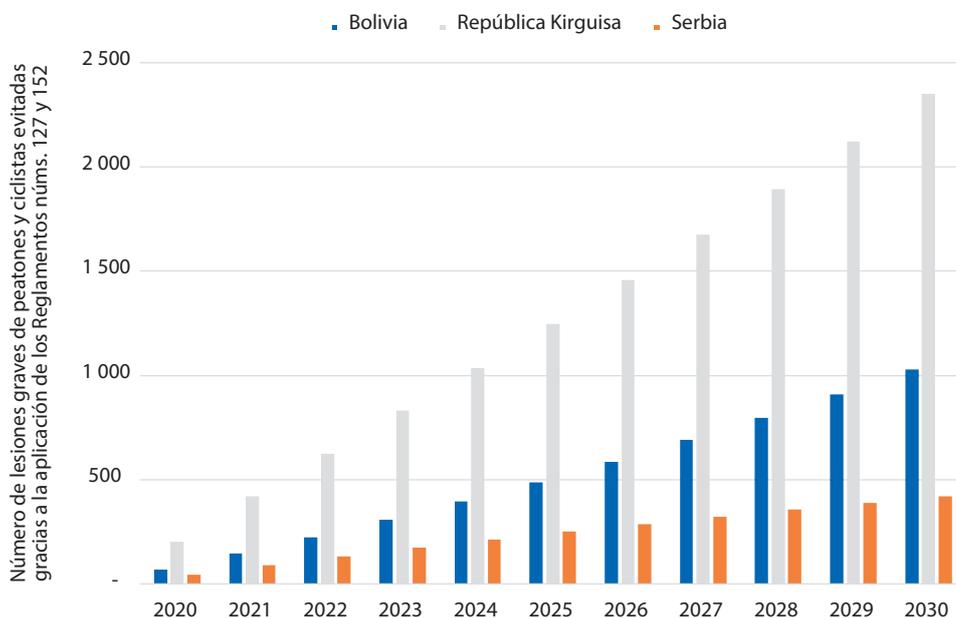
Los resultados indican que, teniendo en cuenta los accidentes de tráfico analizados, las estimaciones de la eficacia de la tecnología y su penetración en el parque de vehículos como se ha descrito anteriormente, la aplicación de los Reglamentos núms. 127 y 152 de las Naciones Unidas podría evitar 684 muertes en Bolivia, 1.167 en la República Kirguisa y 401 en Serbia hasta 2030 (figura 5.18).

**Figura 5.18 – Número de vidas de peatones y ciclistas salvadas gracias a la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 a partir de 2020 (2020-2030)**



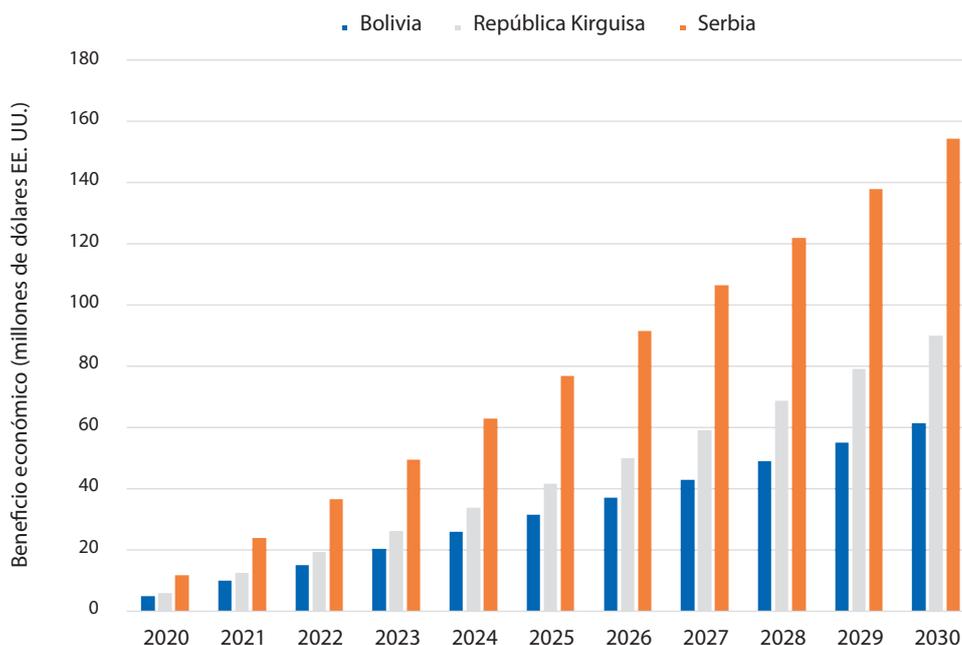
Según las mismas hipótesis adoptadas en el modelo, mediante la aplicación de ambos Reglamentos, hasta 2030 se podrían evitar más de 5.600 lesiones graves en Bolivia, casi 14.000 en la República Kirguisa y casi 2.700 en Serbia (figura 5.19). Como sucede en el caso de los ocupantes de vehículos, el enfoque adoptado muestra algunas limitaciones importantes debido a la escasez de datos disponibles sobre lesiones graves de Bolivia y la República Kirguisa, por lo que los resultados presentados deben tomarse con cierta precaución.

**Figura 5.19 – Número de lesiones graves de peatones y ciclistas evitadas gracias a la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 a partir de 2020 (2020-2030)**



En la figura 5.20 se muestra el beneficio económico derivado de la reducción del número de víctimas entre peatones y ciclistas, empleando el enfoque VVE para la valoración económica de las víctimas mortales y las lesiones graves: 103,6 veces el PIB per cápita como valor de la pérdida económica resultante de una muerte por accidente de tráfico (Wallbank *et al.*, 2019) y 17 veces el PIB per cápita como valor de la pérdida económica resultante de una lesión grave (Dahdah y McMahon, 2008).

**Figura 5.20 – Beneficio económico derivado de la reducción del número de víctimas UVVP gracias a la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 a partir de 2020 (2020-2030)**



Se estima que la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 de acuerdo con los supuestos de penetración en el parque de vehículos mencionados anteriormente daría lugar, durante el período 2020-2030, a un beneficio económico acumulado de 353,5 millones de dólares en Bolivia, 486,7 millones de dólares en la República Kirguisa y 873,5 millones de dólares en Serbia (cuadro 5.3). Como en el caso del modelo de los ocupantes de automóviles, los beneficios económicos futuros se han calculado adoptando una tasa de descuento anual del 4,5 %.

CUADRO 5.3

**Estimación del número de víctimas evitadas y de los beneficios económicos derivados de la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 a partir de 2020 (2020-2030)**

| Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 – Estimaciones de los beneficios económicos en el caso de los UVVP |  |  |   |  |   |
|---|--|--|---|--|---|
|   | Número acumulado de vidas salvadas 2020-2030 | Número acumulado de lesiones graves evitadas 2020-2030 | Estimación media de la pérdida económica que supone una víctima mortal por accidente de tráfico (2018, dólares EE. UU.) | Estimación media de la pérdida económica que supone un herido grave por accidente de tráfico (2018, dólares EE. UU.) | Total del beneficio económico en el período 2020-2030 (2018, dólares EE. UU.) |
| Bolivia   | 684  | 5 647  | 225 814   | 36 983   | 353 491 732   |
| República Kirguisa  | 1 677  | 13 862   | 117 368   | 19 222   | 486 747 691   |
| Serbia  | 402  | 2 688  | 965 008   | 158 059  | 873 546 247   |

En cuanto a los costos relacionados con la regulación en el caso de los UVVP, se utilizaron valores de 236 dólares por vehículo en el caso del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 152 y 225 dólares por vehículo en el del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 127 (Martin *et al.*, 2017), respectivamente, mientras que en el análisis de sensibilidad se adoptaron cifras de costos superiores e inferiores en un 50 %. Con el fin de tener en cuenta la inflación de los precios y los efectos de la curva de aprendizaje, se aplicó una tasa de descuento anual del 4,5 % a los costos anuales totales. Como resultado, las cifras que se muestran en el cuadro 5.4 representan el costo adicional que supondría la introducción del Reglamento para cada país.

Al igual que en el modelo de los ocupantes de automóviles, no se han tenido en cuenta en el análisis de los UVVP otros costos que pueden asignarse a la introducción de los Reglamentos de las Naciones Unidas en los países que los aplican relacionados con la homologación, los servicios técnicos y los ensayos de los equipos y piezas de los vehículos. El modelo propuesto en el presente estudio puede ajustarse para tener en cuenta dichos gastos de acuerdo con la situación, los planes y las necesidades de los países concretos.

CUADRO 5.4

**Estimación de los costos derivados de la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 a partir de 2020 (2020-2030)**

| Reglamento núm. 140 de las Naciones Unidas – Estimación de los costos derivados de la introducción del ESC |  |  |
|--|--|--|
|  | Vehículos adicionales equipados en 2020-2030 según el modelo | Costo durante el período 2020-2030 (2018, dólares EE. UU.) |
| Bolivia  | 375 668  | 137 112 272  |
| República Kirguisa   | 1 304 081  | 477 747 619  |
| Serbia   | 2 172 988  | 873 564 247  |

Las estimaciones de los costos de la introducción de las tecnologías y de los posibles beneficios económicos se utilizan en las secciones correspondientes que figuran a continuación para obtener la relación beneficio-costos de la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas destinados a mejorar la seguridad de los ocupantes de los vehículos y de los UVVP.

### III. Relación beneficio-costos de la aplicación de la Reglamentación de las Naciones Unidas relativa a los vehículos

Para evaluar las ventajas derivadas de la aplicación de la normativa y las medidas de seguridad asociadas, es necesario comparar los beneficios con los costos. En la presente sección se utilizan las estimaciones del beneficio económico derivado de la reducción del número de víctimas y de los costos relacionados con la aplicación de la normativa sobre vehículos presentada en las secciones anteriores para calcular la relación beneficio-costos (RBC) en cada país. Esos valores de la RBC permiten comparar en qué medida los beneficios superan o no a los costos relacionados con la aplicación de la normativa considerada durante el período 2020-2030.

Por tanto, en el componente final del modelo se calculan tanto los beneficios como los costos previstos y la cifra del beneficio se divide por la del costo para calcular la RBC:

- Un valor inferior a 1 indica que el costo de la medida supera la valoración monetaria de los beneficios;
- Un valor exactamente igual a 1 es el punto de equilibrio en el que los beneficios son iguales a los costos;
- Un valor superior a 1 indica que los beneficios superan a los costos. Puede considerarse recomendable la aplicación de las medidas modelizadas que arrojan valores de la RBC superiores a 1. Una RBC de 3,5, por ejemplo, implica que, por cada dólar invertido por los consumidores en la compra de vehículos equipados con esa tecnología, se logra un beneficio económico de 3,5 dólares para la sociedad.

Además de la mejor estimación de los valores de la RBC que se presentan a continuación, en el anexo I se introduce un análisis de sensibilidad en el que se introducen variaciones de múltiples parámetros del modelo para evaluar su efecto sobre la viabilidad socioeconómica de la aplicación de la normativa. Dadas las limitaciones inherentes a algunas de las hipótesis y los datos empleados, el análisis de sensibilidad representa una medida de control de la calidad. Se realiza para evaluar el efecto que determinados cambios en los valores de los parámetros utilizados tendrían en los resultados del modelo —los valores de la RBC correspondientes a la aplicación de la Reglamentación de las Naciones Unidas relativa a los vehículos en los tres países objeto del estudio.

#### III.1. Ocupantes de los vehículos

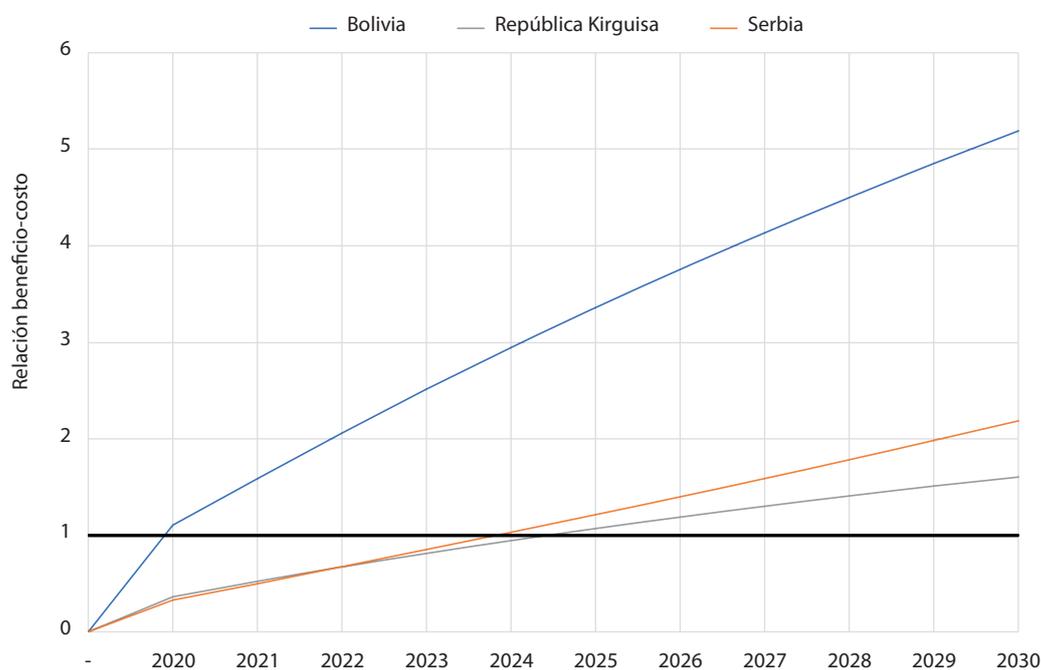
De la mejor estimación de los valores de la relación beneficio-costos obtenidos para la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 en los tres países objeto del estudio para el período 2020-2030 se desprende que a partir del año 2025 ya sería económicamente beneficiosa su aplicación en los tres países. Los valores de la RBC para los países estudiados y los respectivos rangos obtenidos de los análisis de sensibilidad se resumen en el cuadro 5.5.

## CUADRO 5.5

## Estimaciones de la RBC para la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 en Bolivia, la República Kirguisa y Serbia (2020 - 2030)

| Mejor estimación de la RBC para Bolivia               |  |   |   |                          |
|---|--|---|---|--------------------------|
| Número acumulado de vidas salvadas                    | Número acumulado de lesiones graves evitadas | Costes económicos totales (dólares EE. UU.) | Beneficios económicos totales (dólares EE. UU.) | Relación beneficio-costo |
| 183   | 1 016  | 14 870 058                                  | 77 169 196                                      | 5,19                     |
| Rangos del análisis de sensibilidad                   |  |   |   |                          |
| Número acumulado de vidas salvadas                    | Número acumulado de lesiones graves evitadas | Costes económicos totales (dólares EE. UU.) | Beneficios económicos totales (dólares EE. UU.) | Relación beneficio-costo |
| 73 - 266  | 765 - 1 266                                  | 10 843 194 - 30 334 341                     | 52 724 602 - 96 185 101                         | 2,54 - 7,12              |
| Mejor estimación de la RBC para la República Kirguisa |  |   |   |                          |
| Número acumulado de vidas salvadas                    | Número acumulado de lesiones graves evitadas | Costes económicos totales (dólares EE. UU.) | Beneficios económicos totales (dólares EE. UU.) | Relación beneficio-costo |
| 358   | 1 984  | 51 802 325                                  | 83 004 593                                      | 1,60                     |
| Rangos del análisis de sensibilidad                   |  |   |   |                          |
| Número acumulado de vidas salvadas                    | Número acumulado de lesiones graves evitadas | Costes económicos totales (dólares EE. UU.) | Beneficios económicos totales (dólares EE. UU.) | Relación beneficio-costo |
| 142 - 520   | 1 495 - 2 472                                | 37 774 035 - 105 674 031                    | 79 588 503 - 103 458 447                        | 0,79 - 2,20              |
| Mejor estimación de la RBC para Serbia                |  |   |   |                          |
| Número acumulado de vidas salvadas                    | Número acumulado de lesiones graves evitadas | Costes económicos totales (dólares EE. UU.) | Beneficios económicos totales (dólares EE. UU.) | Relación beneficio-costo |
| 120   | 387  | 86 835 967                                  | 189 694 632                                     | 2,18                     |
| Rangos del análisis de sensibilidad                   |  |   |   |                          |
| Número acumulado de vidas salvadas                    | Número acumulado de lesiones graves evitadas | Costes económicos totales (dólares EE. UU.) | Beneficios económicos totales (dólares EE. UU.) | Relación beneficio-costo |
| 48 - 174  | 292 - 482                                    | 63 320 551 - 177 142 136                    | 114 755 461 - 245 653 576                       | 1,07 - 3,00              |

De los resultados se desprende que la introducción del ESC sería rentable en Bolivia ya durante el primer año de aplicación, mientras que en la República Kirguisa lo sería en 2025 y en Serbia en 2024 (figura 5.21). Eso indica que la aplicación y armonización de esos Reglamentos sería positiva a todos los niveles para los tres países objeto del estudio.

**Figura 5.21 – Estimación de la relación beneficio-costo para la aplicación del Reglamento núm. 140 de las Naciones Unidas a partir de 2020 (2020-2030)**


### III.II. Usuarios vulnerables de la vía pública

De las mejores estimaciones de la relación beneficio-costo para la aplicación de los Reglamentos núms. 127 y 152 de las Naciones Unidas en los tres países objeto del estudio para el período 2020-2030 se desprende que solo en el último año de ese período la aplicación de los Reglamentos aportaría beneficios económicos en los tres países. Los valores de la RBC para los países estudiados y los respectivos rangos obtenidos de los análisis de sensibilidad se resumen en el cuadro 5.6.

**CUADRO 5.6**
**Estimaciones de la RBC para la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 en Bolivia, la República Kirguisa y Serbia (2020-2030)**

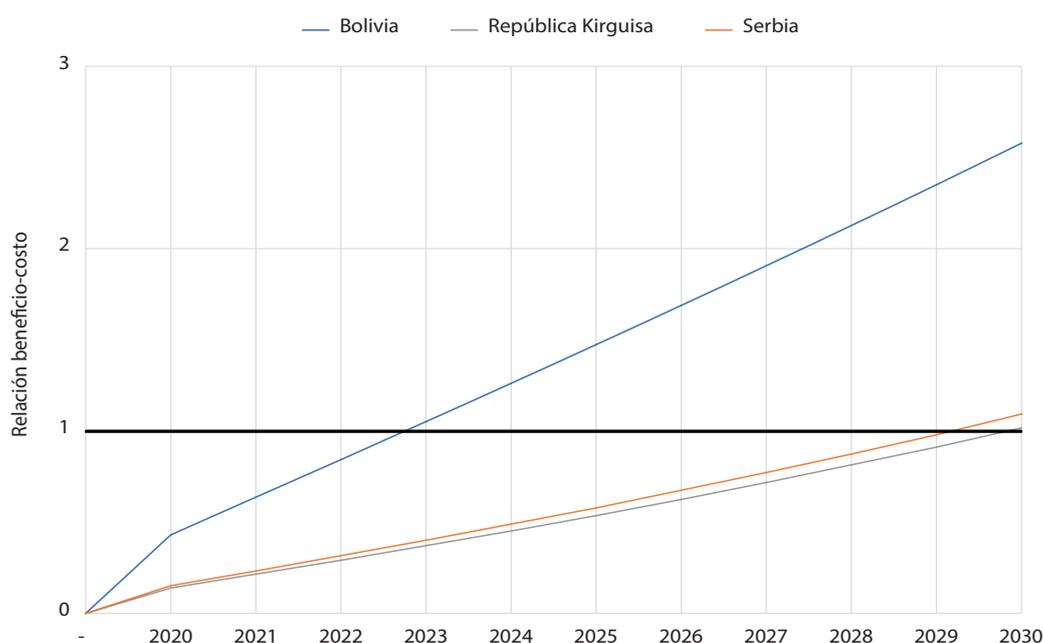
| Mejor estimación de la RBC para Bolivia |  |   |   |                          |
|---|--|---|---|--------------------------|
| Número acumulado de vidas salvadas      | Número acumulado de lesiones graves evitadas | Costes económicos totales (dólares EE. UU.) | Beneficios económicos totales (dólares EE. UU.) | Relación beneficio-costo |
| 684                                     | 5 647  | 137 112 272                                 | 353 491 732                                     | 2,58                     |
| Rangos del análisis de sensibilidad     |  |   |   |                          |
| Número acumulado de vidas salvadas      | Número acumulado de lesiones graves evitadas | Costes económicos totales (dólares EE. UU.) | Beneficios económicos totales (dólares EE. UU.) | Relación beneficio-costo |
| 330 - 848                               | 5 389 - 6 716                                | 68 556 136 - 205 668 408                    | 275 804 925 - 419 360 508                       | 1,72 - 5,16              |

| Mejor estimación para la República Kirguisa |  |   |   |                          |
|---|--|---|---|--------------------------|
| Número acumulado de vidas salvadas          | Número acumulado de lesiones graves evitadas | Costes económicos totales (dólares EE. UU.) | Beneficios económicos totales (dólares EE. UU.) | Relación beneficio-costo |
| 1 677                                       | 13 862                                       | 477 646 220                                 | 486 747 619                                     | 1,02                     |
| Rangos del análisis de sensibilidad         |  |   |   |                          |
| Número acumulado de vidas salvadas          | Número acumulado de lesiones graves evitadas | Costes económicos totales (dólares EE. UU.) | Beneficios económicos totales (dólares EE. UU.) | Relación beneficio-costo |
| 810 - 2 082                                 | 10 911 - 13 889                              | 238 823 110 - 716 469 330                   | 379 999 212 - 554 072 909                       | 0,68 - 2,04              |

| Mejor estimación para Serbia        |  |   |   |                          |
|-------------------------------------|--|---|---|--------------------------|
| Número acumulado de vidas salvadas  | Número acumulado de lesiones graves evitadas | Costes económicos totales (dólares EE. UU.) | Beneficios económicos totales (dólares EE. UU.) | Relación beneficio-costo |
| 402                                 | 2 688  | 800 676 743                                 | 873 546 247                                     | 1,09                     |
| Rangos del análisis de sensibilidad |  |   |   |                          |
| Número acumulado de vidas salvadas  | Número acumulado de lesiones graves evitadas | Costes económicos totales (dólares EE. UU.) | Beneficios económicos totales (dólares EE. UU.) | Relación beneficio-costo |
| 226 - 489                           | 2 588 - 3 029                                | 400 338 372 - 1 201 015 115                 | 697 965 593 - 1 008 943 557                     | 0,73 - 2,18              |

De los resultados de la evaluación del efecto de la normativa relativa a los UVVP se desprende que la aplicación de los Reglamentos a partir de 2020 aportaría beneficios económicos en Bolivia a fines de 2023, mientras que en la República Kirguisa y en Serbia lo haría durante 2030. La RBC para cada año y para cada país se presenta en la figura 5.22. Aunque las RBC en los casos de la República Kirguisa y de Serbia están justo por encima del punto de equilibrio en el modelo de mejor estimación, las RBC obtenidas a partir del análisis de sensibilidad aportan un firme apoyo a la aplicación de los Reglamentos relativos a los UVVP en los tres países estudiados.

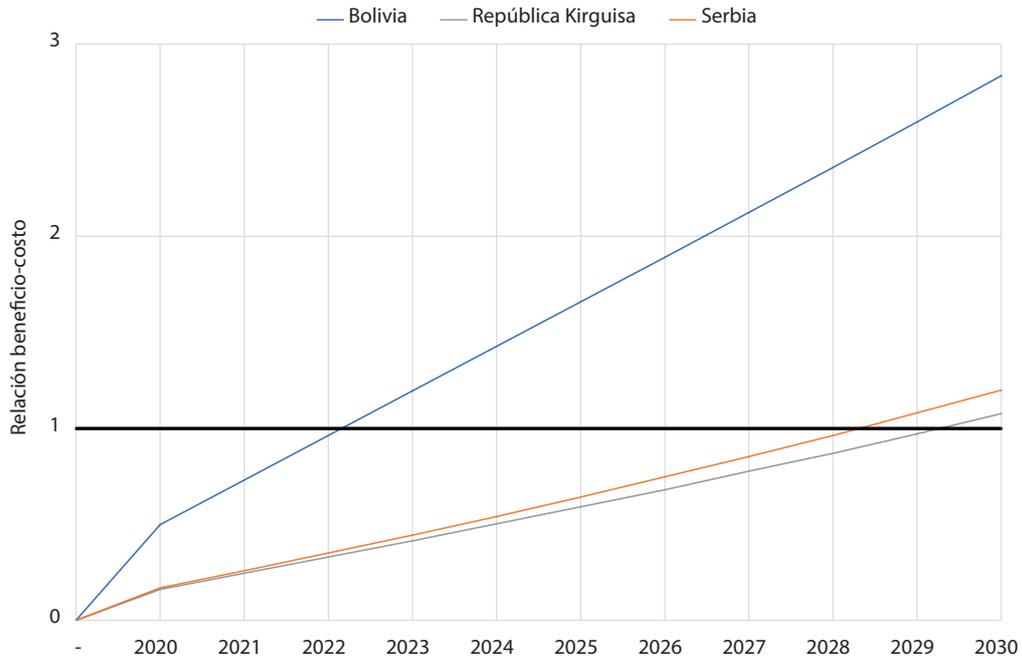
Figura 5.22 – Relación beneficio-costo estimada en 2020 para la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 (2020-2030)



### III.III. Estimaciones globales beneficio-costo

De los resultados combinados de la evaluación del efecto de la aplicación de los Reglamentos relativos los ocupantes de vehículos y a los UVVP se desprende que la aplicación de los Reglamentos a partir de 2020 superaría el punto de equilibrio de la relación costo-beneficio en Bolivia durante 2022, en la República Kirguisa a fines de 2030 y en Serbia durante 2029. La RBC para cada año y para cada país se presenta en la figura 5.23.

**Figura 5.23 – Relación beneficio-costo para la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 140, 127 y 152 a partir de 2020 (2020-2030)**



Si se tienen en cuenta los rangos del análisis de sensibilidad, las RBC suponen un apoyo a la aplicación del conjunto de Reglamentos en los tres países estudiados.

## CAPÍTULO VI

### Resumen y conclusión

Los accidentes de tráfico y las lesiones consiguientes se encuentran entre las principales causas de muerte a nivel mundial, y provocaron 1,35 millones de muertes en todo el mundo en 2016. Además de las víctimas mortales, entre 20 y 50 millones de personas sufren cada año lesiones graves por accidentes de tráfico. Si bien es cierto que los países más desarrollados han conseguido, en términos generales, controlar en cierta medida la incidencia de los accidentes de tráfico, pese a que sus índices de motorización han ido aumentando de forma constante durante los últimos dos o tres decenios, los países de ingresos bajos y medios siguen sufriendo unas altas tasas de mortalidad por accidentes de tráfico, con 27,5 y 19,5 muertes por cada 100.000 habitantes, respectivamente. Los accidentes también provocan enormes pérdidas económicas, que se estiman entre el 2 % y el 5 % del PIB de los países. Esas cifras de muertes y lesiones graves por accidentes de tráfico son inaceptables en términos de sufrimiento humano y también de costos sociales y económicos, y no son sostenibles.

La comunidad internacional se ha movilizado vigorosamente para hacer frente a los desafíos que plantea la seguridad vial en todo el mundo. En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la seguridad vial aparece en los Objetivos 3 “Buena salud y bienestar” y 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”. La ambiciosa meta 3.6 de reducir tanto las muertes como las lesiones por accidentes de tráfico supone un importante acicate para que todos los Gobiernos den un nuevo impulso a sus políticas y planes nacionales de seguridad vial.

Además, en el Plan Mundial de las Naciones Unidas para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial se recomendó que se llevaran a cabo actividades encaminadas a mejorar la seguridad vial a nivel local, nacional, regional y mundial siguiendo los cinco pilares del Plan, uno de los cuales se centra en lograr unos vehículos más seguros. En el Plan Mundial se alienta el despliegue universal de mejores tecnologías de seguridad pasiva y activa de los vehículos, combinando la armonización de las normas mundiales pertinentes, los sistemas de divulgación de información a los consumidores y los incentivos destinados a acelerar la introducción de nuevas tecnologías. Algunas de las vías recomendadas para ello son:

- Alentar a los Estados Miembros a que apliquen y promulguen las normas relativas a la seguridad de los vehículos de motor elaboradas por el Foro Mundial de las Naciones Unidas para la Armonización de las Reglamentaciones sobre Vehículos (WP 29).
- Garantizar que todos los nuevos vehículos de motor estén equipados, como mínimo, con cinturones de seguridad y anclajes que cumplan los requisitos reglamentarios y las normas aplicables a los ensayos las pruebas de colisión.
- Velar por el despliegue universal en las motocicletas de tecnologías de prevención de colisiones de eficacia demostrada, como los sistemas de control electrónico de la estabilidad (ESC) y antibloqueo de la frenada (ABS).

En apoyo de esos esfuerzos, en el presente estudio se introduce una metodología que los Gobiernos y otras partes interesadas pueden utilizar para evaluar el posible efecto socioeconómico de los Reglamentos y los RTM de las Naciones Unidas en la mejora de la seguridad vial. A modo de ejemplo, la metodología se aplica en relación con tres países: Bolivia, la República Kirguisa y Serbia, para calcular el efecto potencial de las normas de las Naciones Unidas relativas a los vehículos en la seguridad de los ocupantes de automóviles de turismo, los peatones y los ciclistas, y los beneficios socioeconómicos derivados de la reducción del número de víctimas.

Mediante el modelo se calcula la relación costo-beneficio de la normativa relativa al ESC, una medida de seguridad activa dirigida a mejorar la seguridad de los ocupantes de los automóviles, conforme al Reglamento núm. 140 y al RTM núm. 8 de las Naciones Unidas. Mediante el modelo también se calcula, por separado, la relación costo-beneficio de la introducción de una normativa relativa al sistema automático de frenado de emergencia, una medida de seguridad activa destinada a evitar colisiones, conforme al Reglamento núm. 152 de las Naciones Unidas, y de las medidas de seguridad pasiva para la protección de los peatones conforme al Reglamento núm. 127 y al RTM núm. 9, estimando el efecto combinado de esos sistemas en la prevención de muertes y la evitación de lesiones graves de peatones y ciclistas. La evaluación del efecto y la relación costo-beneficio se han calculado en los tres países para la población prevista de personas que puede verse afectadas por las colisiones en que intervienen las tecnologías

de seguridad mencionadas durante el período 2020-2030, utilizando para ello datos accesibles desde fuentes nacionales en línea y complementados con las bases de datos de estadísticas de tráfico de la CEPE y la OMS.

El modelo indica que, dentro del escenario de la mejor estimación, la instalación en todos los vehículos matriculados por primera vez (República Kirguisa y Serbia) o de todos los vehículos nuevos matriculados (Bolivia) a partir de 2020, de sistemas que cumplan los requisitos establecidos en los Reglamentos núms. 127, 140 y 152 de las Naciones Unidas, daría como resultado la prevención de 867 víctimas mortales y la evitación de 6.662 lesiones graves en Bolivia, de 2.035 víctimas mortales y 15.845 lesiones graves en la República Kirguisa, y de 522 víctimas mortales y 3.075 lesiones graves en Serbia, respectivamente antes de 2030, en comparación con un escenario de inacción (cuadro 6.1).

**CUADRO 6.1**
**Estimación del número de víctimas evitadas gracias a la aplicación de los Reglamentos núms. 127, 140 y 152 de las Naciones Unidas a partir de 2020 (2020-2030)**

| Estimación de la reducción del número de víctimas en el período 2020-2030 |   |                          |                            |                          |                |                          |
|---|---|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------|
|   | ESC en el caso de los ocupantes del coche |                          | Reglamentos sobre los UVVP |                          | Total          |                          |
|   | Vidas salvadas                            | Lesiones graves evitadas | Vidas salvadas             | Lesiones graves evitadas | Vidas salvadas | Lesiones graves evitadas |
| Bolivia   | 183                                       | 1 016                    | 684                        | 5 647                    | 867            | 6 663                    |
| República Kirguisa  | 358                                       | 1 984                    | 1 677                      | 13 862                   | 2 035          | 15 845                   |
| Serbia  | 120                                       | 387                      | 402                        | 2 688                    | 522            | 3 075                    |

En términos de rendimiento económico de las medidas reguladoras, del escenario de mejor estimación de los modelos se desprende que el efecto combinado de la aplicación, a partir de 2020, de los Reglamentos de las Naciones Unidas considerados, dirigidos a mejorar la seguridad de los ocupantes de vehículos y de los usuarios vulnerables de la vía pública, la haría rentable antes de que finalizara el decenio de 2020 en los tres países estudiados: a fines de 2023 en Bolivia, durante 2029 en Serbia y durante el último año del decenio en la República Kirguisa (cuadro 6.2). La trayectoria de equilibrio de la relación costo-beneficio para el caso de Bolivia se alinea con los resultados del análisis beneficio-costos de la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas relativos a la resistencia a los choques, la evitación de colisiones y la protección de los peatones en la Argentina, Chile, el Brasil y México realizado por el TRL (Wallbank *et al.*, 2019). La conclusión de ese estudio fue que la aplicación del conjunto de Reglamentos de las Naciones Unidas considerados aportaría beneficios económicos en esos países para el año 2023.

**CUADRO 6.2**
**Año en que la RBC de la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127, 140 y 152 a partir de 2020 es superior a 1**

| Costo-beneficio económico en el período 2020-2030 – Año de equilibrio (al finalizar el año) |                                 |                            |                                   |
|---|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
|   | ESC en el caso de los ocupantes | Reglamentos sobre los UVVP | Reglamentos ESC y UVVP combinados |
| Bolivia   | 2020                            | 2023                       | 2023                              |
| República Kirguisa  | 2025                            | 2030                       | 2030                              |
| Serbia  | 2024                            | 2029                       | 2029                              |

Cabe señalar que los beneficios que se muestran en el estudio se limitan a los beneficios económicos asociados a la reducción del número de víctimas mortales y heridos graves, y no incluyen aspectos como la evitación de lesiones leves o el ahorro de los costos derivados de los daños materiales. Dado que es probable que los sistemas de seguridad de los vehículos que se consideran en el estudio sean eficaces para reducir todos los tipos de lesiones y otros costos conexos, incluidos los costos médicos, la relación beneficio-costos podría estar subestimada. Cabe señalar también que los cálculos relativos a las lesiones graves, en mayor medida que los relativos a las víctimas mortales, se basan en amplias suposiciones en el caso de la aplicación

de modelo a Bolivia y la República Kirguisa debido a la escasa información sobre las lesiones no mortales que pudo obtenerse a partir de fuentes en línea para esos dos países.

Los beneficios derivados de la aplicación de esos Reglamentos tampoco son necesariamente distintos para los dos grupos principales de interés estudiados. Por ejemplo, es posible que la introducción del ESC también reduzca el número de víctimas mortales y heridos graves entre los UVVP, ya que se reducirá el número de conductores que pierden el control del vehículo y posteriormente colisionan con un peatón. Sin embargo, los datos de víctimas de los tres países que se pudieron obtener de las bases de datos existentes en la Internet fueron limitados, por lo que no fue posible obtener información sobre el número de colisiones de cada tipo y el posible solapamiento entre esos dos grupos principales de interés. Además, la estimación de la eficacia de cada elemento de seguridad para prevenir o mitigar los accidentes mortales y las lesiones graves suele estar limitada por la adopción de hipótesis con respecto al análisis del grupo principal de interés (por ejemplo, los ocupantes del vehículo en el caso del ESC). En consecuencia, se han desarrollado dos modelos, uno para los ocupantes del vehículo y otro para los UVVP, y en cada uno de ellos solo se ha tenido en cuenta el efecto de los elementos de seguridad señalados anteriormente. Eso podría llevar a subestimar aún más los beneficios de algunas tecnologías cuando se consideran aisladamente.

Las posibilidades de sobreestimar los beneficios debido al doble recuento de víctimas dentro de un conjunto de medidas se evitan adoptando la hipótesis de que no se puede atribuir ningún beneficio a una medida dirigida al otro grupo principal de interés. La exactitud del número de víctimas previstas para el futuro, que es un elemento clave en la ecuación que permite calcular los beneficios económicos que puede aportar su evitación en el futuro, depende de la calidad de los datos históricos y de la solidez de los métodos estadísticos aplicados.



## REFERENCIAS Y FUENTES DE DATOS

- Acuerdo relativo a la Adopción de Condiciones Uniformes para la Inspección Técnica Periódica de los Vehículos de Ruedas y el Reconocimiento Recíproco de las Inspecciones*, Viena, 13 de noviembre de 1997.
- Acuerdo relativo a la Adopción de Prescripciones Técnicas Uniformes para Vehículos de Ruedas, Equipos y Repuestos que Puedan Montarse o Utilizarse en esos Vehículos y las Condiciones para el Reconocimiento Recíproco de las Homologaciones Concedidas sobre la Base de esas Prescripciones*, Ginebra, 20 de marzo de 1958, *United Nations Treaty Series*, vol. 335, pág. 211; vol. 516, pág. 378; vol. 609, pág. 290, y vol. 1059, pág. 404.
- Acuerdo sobre el Establecimiento de Reglamentos Técnicos Mundiales Aplicables a los Vehículos de Ruedas y a los Equipos y Piezas que Puedan Montarse o Utilizarse en Esos Vehículos, Ginebra, 25 de junio de 1998, *United Nations Treaty Series*, vol. 2119, pág. 129.
- Anderson, R. W. G., & Searson, D. J. (2015). Use of age–period–cohort models to estimate effects of vehicle age, year of crash and year of vehicle manufacture on driver injury and fatality rates in single vehicle crashes in New South Wales, 2003–2010. *Accident Analysis & Prevention*, 75, 202-210. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.11.013>.
- Artikova, V., Thompson, M. E., Platonova, E., Pyle, G. F., & Toimatov, S. (2011). Trends in traffic collisions and injuries in Kyrgyzstan, 2003–2007. *Boletín de la Organización Mundial de la Salud*, 89(5), 345-351. <https://doi.org/10.2471/BLT.10.084434>.
- Banco Mundial, Indicadores del Desarrollo Mundial (2020). *Crecimiento de la población (% anual)* [Archivo de datos]. Obtenido de: <https://data.worldbank.org/indicador/SP.POP.GROW>.
- Banco Mundial, Indicadores del Desarrollo Mundial (2020). *PIB per cápita (en dólares constantes de 2010)* [Archivo de datos]. Obtenido de: <https://data.worldbank.org/indicador/NY.GDP.PCAP.KD>.
- Banco Mundial, Indicadores del Desarrollo Mundial (2020). *PIB per cápita (en dólares constantes)* [Archivo de datos]. Obtenido de: <https://data.worldbank.org/indicador/NY.GNP.PCAP.PP.CD>.
- Biesse, F. (2019). Analysis of Wet Road Usage with a Driving Safety Concern. *Proceedings of the 2019 VDA Technical Congress – Environment, Energy and Electric Mobility, Vehicle Safety and Electronics*. 14 y 15 de marzo de 2019, Berlín (Alemania);
- CEPE Base de datos estadísticos (2020). *Road transport / Road safety statistics* [Archivos de datos]. Obtenido de: <https://w3.unece.org/PXWeb/en>.
- Chouinard, A., & Lécuyer, J.-F. (2011). A study of the effectiveness of Electronic Stability Control in Canada. *Accident Analysis & Prevention*, 43(1), 451-460. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.10.001>.
- Comité Nacional de Estadística de la República Kirguisa (2020). *Estadísticas de transporte y seguridad vial* [Archivos de datos]. Obtenido de: <http://www.stat.kg/en/>, y <https://sustainabledevelopment-kyrgyzstan.github.io>.
- Cuerden, R., Lloyd, L., Wallbank, C., & Seidl M. (2015). *The potential for vehicle safety standards to prevent road deaths and injuries Brazil*. Laboratorio de Investigación sobre el Transporte. Reino Unido.
- Dahdah, S., & McMahon, K. (2008). *The True Cost of Road Crashes - Valuing life and the cost of a serious injury*. Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (IRAP). Reino Unido.
- DIRD (2014). *Regulation Impact Statement for Brake Assist Systems*. Standards Development and International Vehicle Safety Standards Branch, Department of Infrastructure and Regional Development. Canberra (Australia).
- DIRD (2017). *Regulation Impact Statement - Advanced Motorcycle Braking Systems for Safer Riding*. Standards Development and International Vehicle Safety Standards Branch, Department of Infrastructure and Regional Development. Canberra (Australia).

- Elvik, R. (2017). The Value of Life – The rise and fall of a scientific research programme. *Dissertation for the Degree of Doctor Philosophiae at the Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, 2017:340*. Universidad de Ciencia y Tecnología de Noruega.
- Elvik, R., Høyve, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2009). *The handbook of road safety measures* (Segunda edición). Bingley (Reino Unido): Emerald Group Pub.
- ETSC (2003). Cost Effective EU Transport Safety Measures. *Consejo Europeo de Seguridad en el Transporte*. Bruselas, 2003.
- Fildes B.N., Fitzharris M., Koppel S. & Vulcan A.P. (2003). *Benefits of seat belt reminder systems*. Report CR211. Australian Transport Safety Bureau (antes Federal Office of Road Safety), Commonwealth Department of Transport. Canberra (Australia).
- Fitzharris, M., & Stephan, K. (2013). *Assessment of the need for, and the likely benefits of, enhanced side impact protection in the form of a Pole Side Impact Global Technical Regulation*. Injury Research Institute Accident Research Centre, Monash University. Melbourne (Australia).
- Fitzharris, M., Scully, J., & Newstead, S. (2010). *Analysis of the likely benefits to Australia of the fitment of electronic stability control (ESC) in light commercial vehicles*. Injury Research Institute Accident Research Centre, Monash University. Melbourne (Australia).
- Høyve, A. (2016). *Motorcycle Safety*. Norwegian Centre for Transport Research, Institute of Transport Economics. TØI Report 1517/2016. Oslo, 2016.
- Høyve, A. (2020). 4,13 Sikring av barn i bil. Obtenido de: <https://www.tshandbok.no/del-2/4-kjoeretoeyteknikk-og-personlig-verneutstyr/doc685/>.
- Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (2020). Estadísticas de los stocks nacionales de vehículos 2005-2019. La Paz (Bolivia), 2020. Obtenido de: <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/transportes/parque-automotor-publicaciones-anuales/>.
- Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (2020). Estadísticas de transporte y seguridad vial [Archivos de datos]. Obtenido de: <https://www.ine.gob.bo/>.
- ITF (2017). *Road Safety Annual Report 2017*. Publicaciones de la OCDE. París. <http://dx.doi.org/10.1787/irtad-2017-en>.
- ITF (2018). *Road Safety Annual Report 2018*. Publicaciones de la OCDE. París. <https://doi.org/10.1787/23124571>.
- Jost, G., Allsop, R., & Ceci, A. (2014). *Ranking EU Progress on Car Occupant Safety – PIN Flash Report 27*. Consejo Europeo de Seguridad en el Transporte. Bruselas, 2014.
- Kahane, C. J. (2015). *Lives saved by vehicle safety technologies and associated Federal Motor Vehicle Safety Standards, 1960 to 2012 – Passenger cars and LTVs – With reviews of 26 FMVSS and the effectiveness of their associated safety technologies in reducing fatalities, injuries, and crashes*. (Informe núm. DOT HS 812 069). National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC.
- Leslie, A. J., Kiefer, R. J., Meitzner, M. R., & Flannagan, C. A. (2019). *Analysis of the Field Effectiveness of General Motors Production Active Safety and Advanced Headlighting Systems*. Instituto de Investigación del Transporte de la Universidad de Michigan (UMTRI) y General Motors LLC.
- Lloyd, L., Cuerden, R., Wallbank, C., & Seidl, M. (2015). Predicting the Impact of Vehicle Safety Developments in Emerging Markets following the Industrialized Countries' Experience. PaperNo.15-0239-O. *Proceedings of the 24th Enhanced Safety of Vehicles Conference - Traffic Safety through Integrated Technologies*. 8 a 11 de junio de 2015, Gotemburgo (Suecia), 872pp.
- Martin, O., Talbot, R., Katrakazas, C., Papadimitriou, E., Ziakopoulos, A., Krishnakumar, R., Saadé, J., Phan, V., Mettel C., & Thomson, R. (2017) Economic evaluation of vehicle related measures. Producto 6.3 del proyecto H2020 SafetyCube, Fundación Cidaut, España. Obtenido de: [www.safetycube-project.eu](http://www.safetycube-project.eu).
- Naciones Unidas (2016). *United Nations Motorcycle Helmet Study – Part of the WP.29, “How it works and how to join it series”*. Naciones Unidas, Nueva York y Ginebra, 2016;

- Naciones Unidas (2019). *Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos (WP.29) – Funcionamiento – Participación*, cuarta edición. Naciones Unidas, 2019.
- Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Estadística, Global SDG Database (2020). *Passenger volume (passenger kilometres), by mode of transport IS\_RDP\_PFVOL* [Archivo de datos]. Obtenido de: <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/database/>.
- Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, World Population Prospects (2020). *World Population* [archivo de datos]. Obtenido de: <https://population.un.org/wpp/Z>.
- NHTSA (2019). *Pedestrians: 2017 data. Traffic Safety Facts*. (Informe núm. DOT HS 812 681). Centro Nacional de Estadísticas y Análisis, Administración Nacional de Seguridad Vial. Washington, DC.
- Oficina de Estadística de la República de Serbia (2006). Registered Road Motor Vehicles and Trailers and Road Traffic Accidents, 2005. *Bulletin No. 62, Year LVI, 09.03.2006 – Traffic and communications statistics*.
- Oficina de Estadística de la República de Serbia (2007). Registered Road Motor Vehicles and Trailers and Road Traffic Accidents, 2006. *Bulletin No. 161, Year LVII, 04.07.2007 – Traffic, storage and communications statistics*.
- Oficina de Estadística de la República de Serbia (2008). Registered Road Motor Vehicles and Trailers and Road Traffic Accidents, 2007. *Bulletin No. 69, Year LVIII, 21.03.2008 – Traffic storage and communications statistics*.
- Oficina de Estadística de la República de Serbia (2009). Registered Road Motor Vehicles and Trailers and Road Traffic Accidents, 2008. *Bulletin No. 071, Year LIX, 12.03.2009 – Traffic, storage and communications statistics*.
- Oficina de Estadística de la República de Serbia (2010). Registered Road Motor Vehicles and Trailers and Road Traffic Accidents, 2009. *Bulletin No. 051, Year LX, 03.03.2010 – Traffic, storage and communications statistics*.
- Oficina de Estadística de la República de Serbia (2012). Registered Road Motor Vehicles and Trailers and Road Traffic Accidents, 2011. *Bulletin No. 097, Year LXII, 06.04.2012 – Traffic and telecommunications statistics*.
- Oficina de Estadística de la República de Serbia (2013). Registered Road Motor Vehicles and Trailers and Road Traffic Accidents, 2012. *Bulletin No. 053, Year LXIII, 08.03.2013 – Traffic and telecommunications statistics*.
- Oficina de Estadística de la República de Serbia (2015). *Registered Road Motor Vehicles and Trailers and Road Traffic Accidents, 2014*. *Bulletin No. 066, Year LXV, 13.03.2015 – Traffic and telecommunications statistics*.
- Oficina de Estadística de la República de Serbia (2016). Registered Road Motor Vehicles and Trailers and Road Traffic Accidents, 2015. *Bulletin No. 061, Year LXVI, 11.03.2016 – Traffic and telecommunications statistics*.
- Oficina de Estadística de la República de Serbia (2017). Registered Road Motor Vehicles and Trailers and Road Traffic Accidents, 2016. *Bulletin No. 072, Year LXVII, 17.03.2017 – Traffic and telecommunications statistics*.
- Oficina de Estadística de la República de Serbia (2019). Registered Road Motor Vehicles and Trailers and Road Traffic Accidents, 2018. *Bulletin No. 062, Year LXIX, 08.03.2019 – Traffic and telecommunications statistics*.
- Oficina de Estadística de la República de Serbia (2020). Estadísticas de transporte y seguridad vial [Archivos de datos]. Obtenido de: <https://data.stat.gov.rs/?caller=SDDB>.
- Oficina de Estadística de la República de Serbia (2020). Registered Road Motor Vehicles and Trailers and Road Traffic Accidents, 2019. *Bulletin No. 050, Year LXX, 09.03.2020 – Traffic and telecommunications statistics*. Todos los boletines se han obtenido de: <https://www.stat.gov.rs/oblasti/saobracaj-i-telekomunikacije/>.
- OICA (2020). *New Passenger Cars Registrations or Sales 2005-2019* [Archivo de datos]. Obtenido de: <http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/>.
- OICA (2020a). *Passenger Cars World Vehicles in Use 2005-2015* [Archivo de datos]. Obtenido de: <http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/>.

- OMS (2008). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial: es hora de actuar*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2009.
- OMS (2013). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial: es hora de actuar*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2013.
- OMS (2015). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2015*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2015.
- OMS (2018). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2018*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2018. Licencia: CC BYNC-SA 3.0 IGO.
- Organismo de Seguridad Vial de la República de Serbia - Base de datos integrada de accidentes de tráfico (2020). Análisis desagregado de los accidentes de tráfico 2008 - 2019 [Archivo de datos]. Generado en: <http://195.222.99.60/ibbsPublic/>.
- Organización Mundial de la Salud, Global Health Observatory data repository (2020). *Road safety statistics* [Archivos de datos]. Obtenido de: <https://www.who.int/data/gho>.
- Otte, D., Jänsch, M., & Nehmzow, J. (2009). Effects of Road Grip on Braking for Injury Severity of Car Accidents in German Traffic Scenery Based on In-depth Accident Study GIDAS. *Proceedings of the International Research Council on Biomechanics of Injury 2009 Conference [IRCOBI 2009]*. 9 a 11 de septiembre de 2009, York (Reino Unido), 141pp.
- Tarifa, J. L. M. (2016). *Análisis y evaluación del estado actual de la seguridad vial en Bolivia*. Instituto de Transportes y Comunicaciones - *Memorias 2016*, Universidad Mayor de San Andrés. Obtenido de: <https://www.umsa.bo/documents/1745551/1817265/AN%C3%81LISIS+Y+EVALUACION+DEL+ESTADO+ACTUAL+DE+LA+ITVC.pdf/fbc9b72e-dffb-0f0e-0adb-c880cfe3ded1>.
- Thomas, P., Welsh, R., Lenguerrand, E., Vallet, G., Otte, D., & Straandroth, J. (2009). Priorities for enhanced side impact protection in regulation 95 compliant cars. *Proceedings of the International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles [ESV 2009]*. 15 a 18 de junio de 2009, Stuttgart (Alemania), 7pp.
- TÜV (2004). *Conspicuity of Heavy Goods Vehicles*. Número de contrato: SER-B27020B-E3-2003-Conspicuity-S07.28185. TÜV Rheinland Group.
- Wallbank, C., Kent, J., Ellis, C., Seidl M., & Carroll J. (2019). *The potential for vehicle safety standards to prevent deaths and injuries in Argentina, Brazil, Chile and Mexico: a 2018 update*. Laboratorio de Investigación sobre el Transporte. Reino Unido.

## ANEXO I – ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Las mejores estimaciones de la RBC presentadas en el capítulo V, representan el resultado más probable que se obtendría si las tendencias en materia de seguridad vial y motorización continuasen como en los últimos años y adoptando las estimaciones medias de la eficacia de las tecnologías de seguridad de los vehículos, los grupos principales de interés con respecto a los accidentes de tráfico, los costos de la tecnología y las estimaciones de la VVE que se utilizan en el modelo. No obstante, dado que existe una incertidumbre inherente a todas las predicciones realizadas, es necesario explorar el efecto que tendría de la modificación de los parámetros con los que se alimenta el modelo en las RBC calculadas, mediante la realización de un análisis de sensibilidad, para mejorar la solidez de los resultados a lo largo del plazo observado.

Por tanto, para cuantificar el rango de incertidumbre en torno a los valores de la RBC, se llevó a cabo un análisis de distintos escenarios para reflejar los límites de variación que podrían esperarse si los valores de entrada variaran desde las estimaciones bajas a las altas, o si se adoptaran hipótesis diferentes en cada etapa. En concreto, se investigó el efecto que tendría cambiar las siguientes suposiciones/hipótesis:

- Tendencias en materia de seguridad vial – diferentes estimaciones del número de víctimas en el período 2020-2030;
- Índices de motorización: diferentes estimaciones de la proporción del parque de vehículos a la que se han incorporado los sistemas que se contemplan en los Reglamentos de las Naciones Unidas que se están evaluando;
- Estimaciones de la eficacia: diferentes estimaciones de la eficacia de los sistemas de prevención de víctimas dentro de los grupos principales de interés con respecto a los accidentes de tráfico relevantes;
- Grupos principales de interés con respecto a los accidentes de tráfico: diferentes estimaciones de la proporción de accidentes en los que pueden influir las distintas tecnologías;
- Valores VVE – diferentes estimaciones de los valores del VVE medido en unidades del PIB per cápita;
- Costos variables: diferentes estimaciones de los costos de los sistemas de seguridad de los vehículos evaluados.

El rango de valores alternativos para todos los parámetros se obtuvo de la bibliografía que se ha presentado a lo largo del presente estudio. En cada escenario se ajustó uno de los factores mientras que los demás se mantuvieron como en el escenario de la mejor estimación, como es el caso de los ocupantes de automóviles y los UVVP en los cuadros A.I y A.IV, respectivamente. En los cuadros A.II y A.V se presentan los valores de la RBC obtenidos para el análisis de sensibilidad de los ocupantes de los vehículos y de los UVVP para los tres países objeto del estudio en cada uno de los escenarios considerados. Tanto en el análisis de sensibilidad correspondiente a los ocupantes de los vehículos como en el de los UVVP, para el caso de los tres países, se obtuvieron las relaciones RBC más altas y más bajas en los escenarios en los que se modificaron las hipótesis sobre los costos de las tecnologías mientras se mantenían inalterados todos los demás parámetros.

En los cuadros A.III y A.VI se presentan otros escenarios de sensibilidad, en los que se derivaron del modelo los efectos combinados de los cambios en los valores adoptados de las tasas de efectividad de la tecnología y de los costos de la tecnología mientras todos los demás parámetros se mantenían inalterados como escenario de la mejor estimación para calcular las relaciones RBC en relación con los ocupantes de los automóviles y los UVVP, respectivamente. En el caso del análisis de los ocupantes de los automóviles, los resultados indican que la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 en Bolivia es rentable en todos los escenarios, incluido el de baja efectividad y alto costo de la tecnología. En el caso de la República Kirguisa, todos los escenarios con un costo tecnológico elevado arrojan unos valores de la relación RBC inferiores a 1, mientras que en el caso de Serbia, en todos los escenarios, a excepción del de baja eficacia y alto costo de la tecnología, esos valores son superiores a 1. Los resultados del modelo para los UVVP indican igualmente que todos los escenarios introducidos en el modelo arrojan RBC positivas para la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 en Bolivia, mientras que la rentabilidad de su aplicación en la República Kirguisa y Serbia depende de la relación entre los costos de las tecnologías y su eficacia en la prevención de víctimas y lesiones graves.

**CUADRO A.1**

**Escenarios del análisis de sensibilidad del efecto de la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140 relativo a los ocupantes de vehículos en las estimaciones de la RBC**

| Marco temporal<br>2020-2030                                    | Mejor<br>estimación   | Escenarios  |   |   |   |   |   |   |                        |   |    |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------------|---|----|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
|  |   | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8                      | 9 | 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| Índice de siniestralidad                                       | Tendencia exponencial   | Variación porcentual anual en el período 2020-2030 igual a la del período 2010-2019 |   |   |   |   |   |   |                        |   |    |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| Datos de los vehículos nuevos/de nueva matriculación           | Tendencia lineal para todos los vehículos y para los vehículos nuevos | Variación porcentual anual en el período 2020-2030 igual a la del período 2009-2019 |   |   |   |   |   |   |                        |   |    |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| Eficacia del ESC para evitar muertes por accidentes de tráfico | Estimación media: 37,9 %.   |   |   |   |   |   |   |   | Alta 55 %<br>Baja 15 % |   |    |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| Población objetivo para el ESC                                 | El ESC influye en el resultado en el 34,9 % de las colisiones         |   |   |   |   |   |   |   |                        |   |    |  |  |  |  |  |  |  |  | Alta 43,5 %<br>Baja 26,3 %                                    |
| Estimaciones del VVE   | Estimación media 103,8 x PIB per cápita                               |   |   |   |   |   |   |   |                        |   |    |  |  |  |  |  |  |  |  | Alta 137,6 x PIB per cápita<br>Baja 70 x PIB per cápita       |
| Coste del ESC (en 2020)  | Estimación media 50 dólares por vehículo                              |   |   |   |   |   |   |   |                        |   |    |  |  |  |  |  |  |  |  | Alta 102 dólares por vehículo<br>Baja 36 dólares por vehículo |

Parámetros de entrada sometidos a variación en el análisis de sensibilidad

CUADRO A.II

Escenarios del análisis de sensibilidad de las estimaciones de la RBC para los ocupantes de automóviles en relación con la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140

| Estudios de países             | Marco temporal 2020-2030 | Escenarios |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|--------------------------------|--------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                                | Mejor estimación         | 1          | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |  |
| RBC para Bolivia               | 5,19                     | 5,08       | 4,93 | 6,42 | 3,55 | 6,47 | 3,91 | 6,08 | 4,30 | 2,54 | 7,12 |  |
| RBC para la República Kirguisa | 1,60                     | 1,25       | 1,27 | 1,98 | 1,09 | 2,00 | 1,21 | 1,88 | 1,33 | 0,79 | 2,20 |  |
| RBC para Serbia                | 2,18                     | 2,21       | 2,18 | 2,83 | 1,32 | 2,72 | 1,65 | 2,65 | 1,72 | 1,07 | 3,00 |  |

CUADRO A.III

Análisis de sensibilidad respecto al costo y la eficacia de la tecnología de las estimaciones de la RBC para los ocupantes de automóviles en relación con la aplicación del Reglamento de las Naciones Unidas núm. 140

| Costo de la tecnología | Marco temporal 2020-2030 | Eficacia de la tecnología |                  |      |
|------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|------|
|                        |                          | Baja                      | Mejor estimación | Alta |
| Bolivia                | Baja                     | 4,01                      | 7,12             | 7,26 |
|                        | Mejor estimación         | 3,55                      | 5,19             | 6,42 |
|                        | Alta                     | 1,74                      | 2,54             | 3,15 |
|                        | República Kirguisa       | Baja                      | Mejor estimación | Alta |
|                        | Baja                     | 1,50                      | 2,20             | 2,72 |
|                        | Mejor estimación         | 1,09                      | 1,60             | 1,98 |
|                        | Alta                     | 0,54                      | 0,79             | 0,97 |
|                        | Serbia                   | Baja                      | Mejor estimación | Alta |
|                        | Baja                     | 1,81                      | 3,00             | 3,88 |
| Mejor estimación       | 1,32                     | 2,18                      | 2,83             |      |
| Alta                   | 0,65                     | 1,07                      | 1,39             |      |

**CUADRO A.IV**

Escenarios del análisis de sensibilidad del efecto de la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152 para las estimaciones de la RBC con respecto a los UVVP

| Marco temporal<br>2020-2030  | Escenarios  |   |   |                       |                          |                      |   |   |   |   |
|--|---|---|---|-----------------------|--------------------------|----------------------|---|---|---|---|
|  | Mejor estimación  | 1   | 2 | 3                     | 4                        | 5                    | 6   | 7   | 8 | 9 |
| <b>Índice de siniestralidad</b>  | Tendencia logarítmica para Bolivia y la República Kirguisa. Tendencia exponencial para Serbia | Variación porcentual anual en el período 2020-2030 igual a la del período 2010-2019 |   |                       |                          |                      |   |   |   |   |
| <b>Datos de los vehículos nuevos/de nueva matriculación</b>  | Tendencia lineal para todos los vehículos y para los vehículos nuevos                         | Variación porcentual anual en el período 2020-2030 igual a la del período 2009-2019 |   |                       |                          |                      |   |   |   |   |
| <b>Eficacia del Reg. núm. 152 en la prevención de muertes por accidentes de tráfico</b>            | Estimación media: Peatones 55 %; Ciclistas 48 %   |   |   | Baja<br>21 %;<br>42 % |                          |                      |   |   |   |   |
| <b>Eficacia del Reg. núm. 127/RTM núm. 9 en la prevención de muertes por accidentes de tráfico</b> | Estimación media Peatones 3,9 %; Ciclistas 4,1 %  |   |   |                       | Alta<br>16,4 %<br>10,2 % | Baja<br>1 %;<br>1 %; |   |   |   |   |
| <b>Estimaciones del IVE</b>  | Estimación media 103,8 x PIB per cápita   |   |   |                       |                          |                      | Alta 137,6 x PIB per cápita                                   | Baja 70 x PIB per cápita                                      |   |   |
| <b>Costo de los sistemas Estimación media por vehículo (en 2020)</b>                               | Reg. núm. 127: 236 dólares<br>Reg. núm. 152: 225 dólares                                      |   |   |                       |                          |                      | Alta Reg. núm. 127: 354 dólares<br>Reg. núm. 152: 337 dólares | Baja Reg. núm. 127: 118 dólares<br>Reg. núm. 152: 112 dólares |   |   |

Parámetros de entrada sometidos a variación en el análisis de sensibilidad

CUADRO A.V

Escenarios del análisis de sensibilidad de las estimaciones de la RBC para los UVVP en relación con la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152

| Estudios de países             | Marco temporal 2020-2030 | Mejor estimación | Escenarios |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|--------------------------|------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                |                          |                  | 1          | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
| RBC para Bolivia               |                          | 2,58             | 3,06       | 2,46 | 2,01 | 2,84 | 2,52 | 2,93 | 2,22 | 1,72 | 5,16 |
| RBC para la República Kirguisa |                          | 1,02             | 1,01       | 1,08 | 0,80 | 1,12 | 1,00 | 1,21 | 1,16 | 0,68 | 2,04 |
| RBC para Serbia                |                          | 1,09             | 1,11       | 1,09 | 0,86 | 1,20 | 1,07 | 1,26 | 0,92 | 0,73 | 2,18 |

CUADRO A.VI

Análisis de sensibilidad respecto al costo y la eficacia de la tecnología de las estimaciones de la RBC para los UVVP en relación con la aplicación de los Reglamentos de las Naciones Unidas núms. 127 y 152

| Costo de la tecnología | Marco temporal 2020-2030 | Eficacia de la tecnología |                  |      |  |
|------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|------|--|
|                        |                          | Baja                      | Mejor estimación | Alta |  |
| Bolivia                | Baja                     | 3,90                      | 5,16             | 5,68 |  |
|                        | Mejor estimación         | 1,95                      | 2,58             | 2,84 |  |
|                        | Alta                     | 1,30                      | 1,72             | 1,89 |  |
|                        | Baja                     | 1,54                      | 2,04             | 2,25 |  |
|                        | Mejor estimación         | 0,77                      | 1,02             | 1,12 |  |
|                        | Alta                     | 0,51                      | 0,68             | 0,75 |  |
|                        | Baja                     | 1,84                      | 2,18             | 2,41 |  |
|                        | Mejor estimación         | 0,84                      | 1,09             | 1,20 |  |
|                        | Alta                     | 0,56                      | 0,73             | 0,80 |  |



---

**OBJETIVOS**  
**DE DESARROLLO**  
**SOSTENIBLE**

# Reglamentación de las Naciones Unidas relativa a los vehículos para la seguridad vial: metodología costo-beneficio

La presente publicación forma parte de la serie WP.29

“Funcionamiento-Participación”

En la presente publicación, que forma parte de la serie WP.29, “Funcionamiento-Participación”, se muestran las metodologías que se utilizan para evaluar la rentabilidad socioeconómica de la aplicación de las principales normas de las Naciones Unidas relativas a los vehículos para mejorar la seguridad vial. Se presenta una visión general actual de la seguridad vial y de las estadísticas de seguridad de los vehículos a nivel mundial, se describen las metodologías que se utilizan para evaluar el efecto de las normas relativas a los vehículos en la evolución de la seguridad vial a nivel nacional, y se exponen ejemplos para su aplicación.

Se presentan al lector los procedimientos que se aplican para estimar el efecto de las normas de las Naciones Unidas relativas a los vehículos en la prevención de las víctimas por accidentes de tráfico en países de todo el mundo, los elementos que conducen a las estimaciones de la eficacia de la tecnología de los vehículos, los enfoques que permiten valorar los efectos y los análisis costo-beneficio. Sobre la base de un examen de la bibliografía, se realizan estudios monográficos de tres países para prever la relación beneficio-costo derivada de la aplicación de un conjunto de Reglamentos de las Naciones Unidas, en los que se aborda la seguridad de los ocupantes de vehículos y los usuarios vulnerables de la vía pública, durante el período 2020-2030. En la publicación se promueve la utilización de un enfoque basado en las pruebas a la hora de elaborar políticas en el ámbito de la normativa sobre vehículos para la seguridad vial.

Information Service  
United Nations Economic Commission for Europe

Palais des Nations  
CH - 1211 Geneva 10, Switzerland  
Telephone: +41(0)22 917 12 34  
E-mail: [unece\\_info@un.org](mailto:unece_info@un.org)  
Website: <http://www.unece.org>