

No part of this product may be reproduced in any form or by any electronic or mechanical means, including information storage and retrieval systems, without written permission from the IB.

Additionally, the license tied with this product prohibits commercial use of any selected files or extracts from this product. Use by third parties, including but not limited to publishers, private teachers, tutoring or study services, preparatory schools, vendors operating curriculum mapping services or teacher resource digital platforms and app developers, is not permitted and is subject to the IB's prior written consent via a license. More information on how to request a license can be obtained from <http://www.ibo.org/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

Aucune partie de ce produit ne peut être reproduite sous quelque forme ni par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, y compris des systèmes de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite de l'IB.

De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation commerciale de tout fichier ou extrait sélectionné dans ce produit. L'utilisation par des tiers, y compris, sans toutefois s'y limiter, des éditeurs, des professeurs particuliers, des services de tutorat ou d'aide aux études, des établissements de préparation à l'enseignement supérieur, des fournisseurs de services de planification des programmes d'études, des gestionnaires de plateformes pédagogiques en ligne, et des développeurs d'applications, n'est pas autorisée et est soumise au consentement écrit préalable de l'IB par l'intermédiaire d'une licence. Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour demander une licence, rendez-vous à l'adresse <http://www.ibo.org/fr/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

No se podrá reproducir ninguna parte de este producto de ninguna forma ni por ningún medio electrónico o mecánico, incluidos los sistemas de almacenamiento y recuperación de información, sin que medie la autorización escrita del IB.

Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso con fines comerciales de todo archivo o fragmento seleccionado de este producto. El uso por parte de terceros —lo que incluye, a título enunciativo, editoriales, profesores particulares, servicios de apoyo académico o ayuda para el estudio, colegios preparatorios, desarrolladores de aplicaciones y entidades que presten servicios de planificación curricular u ofrezcan recursos para docentes mediante plataformas digitales— no está permitido y estará sujeto al otorgamiento previo de una licencia escrita por parte del IB. En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una licencia: <http://www.ibo.org/es/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

**Tecnología de la información en una sociedad global**  
**Nivel superior**  
**Prueba 3 – estudio de caso: Hacia los vehículos sin conductor**

Para uso en mayo y noviembre de 2019

---

**Instrucciones para los alumnos**

- Este cuaderno de estudio de caso es necesario para la prueba 3 de nivel superior de tecnología de la información en una sociedad global.

## Prefacio

El estudio de caso de TISG *Hacia los vehículos sin conductor* es el material de estímulo para la investigación exigida para la prueba 3 de nivel superior de mayo y noviembre de 2019. Todos los trabajos que se realicen en base a este estudio de caso deberán reflejar el enfoque integrado que se explica en las páginas 15–17 de la guía de TISG.

Los alumnos deben enfocar el estudio de caso *Hacia los vehículos sin conductor* desde los siguientes puntos de vista:

- Sistemas de TI pertinentes en un contexto social
- Áreas de influencia tanto locales como globales
- Impactos sociales y éticos en los individuos y las sociedades
- Problemas actuales y soluciones
- Desarrollos futuros

Se espera que los alumnos investiguen situaciones de la vida real similares a la de *Hacia los vehículos sin conductor* y que vinculen sus investigaciones a experiencias de primera mano siempre que puedan. Es posible recabar información mediante una gama de actividades: investigación secundaria y primaria, visitas de estudio, conferenciantes invitados, entrevistas personales y correspondencia por correo electrónico.

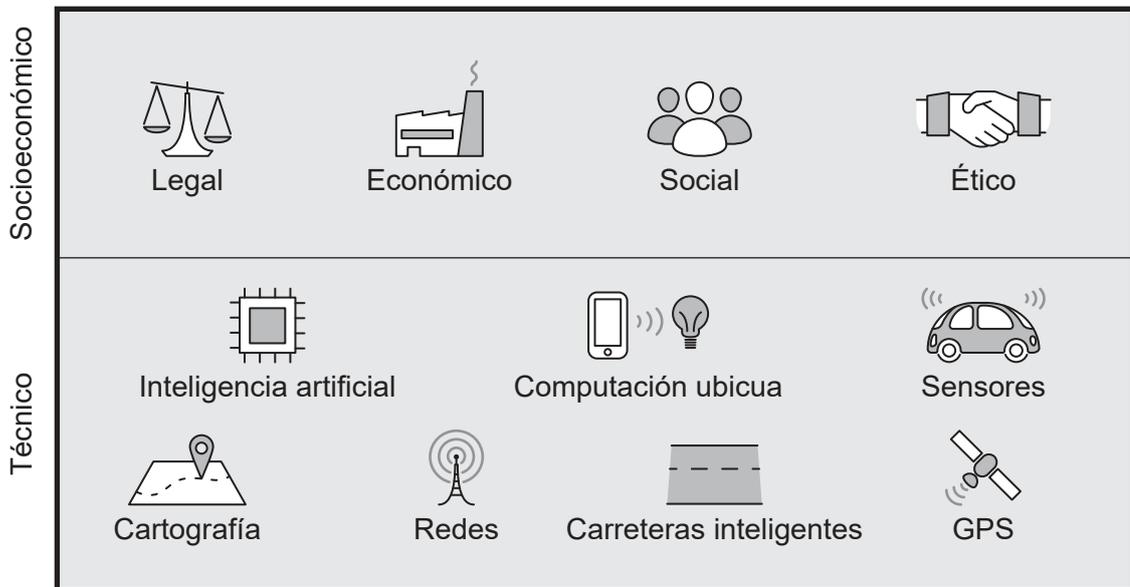
Las respuestas a las preguntas de examen **deben** reflejar una síntesis de los conocimientos y las experiencias que los alumnos hayan adquirido en sus investigaciones. En algunos casos, es posible que se provea información adicional en las preguntas de examen para permitir a los alumnos generar nuevas ideas.

### Visión general

La Federación Mundial de Vehículos Sin Conductor (FMVSC) es una organización multinacional y apolítica que se ha establecido para promover la investigación, el desarrollo y el despliegue de vehículos autónomos. Es reconocida por organismos mundiales y gobiernos, y representa a grupos de más de 75 países interesados en el desarrollo de vehículos sin conductor. La FMVSC vincula a más de 5.000 miembros, procedentes del ámbito académico y de la industria. Dentro de la FMVSC hay 12 comités asesores y más de 50 grupos de trabajo.

Como los vehículos sin conductor forman parte de un sistema sociotécnico mucho más amplio, la FMVSC está organizada en dos niveles: socioeconómico y técnico (véase la **Figura 1**). Los comités asesores trabajan en ambos niveles y abordan las cuestiones más amplias relacionadas con los vehículos autónomos, mientras que los grupos de trabajo son más especializados y se centran en un área de interés particular, como el desarrollo de sensores. Algunos de los grupos de trabajo pueden estar patrocinados por terceros que están desarrollando las tecnologías que se vincularán con los automóviles sin conductor.

**Figura 1: Esquema del sistema sociotécnico relacionado con los vehículos sin conductor**



[Fuente: © Organización del Bachillerato Internacional, 2019]

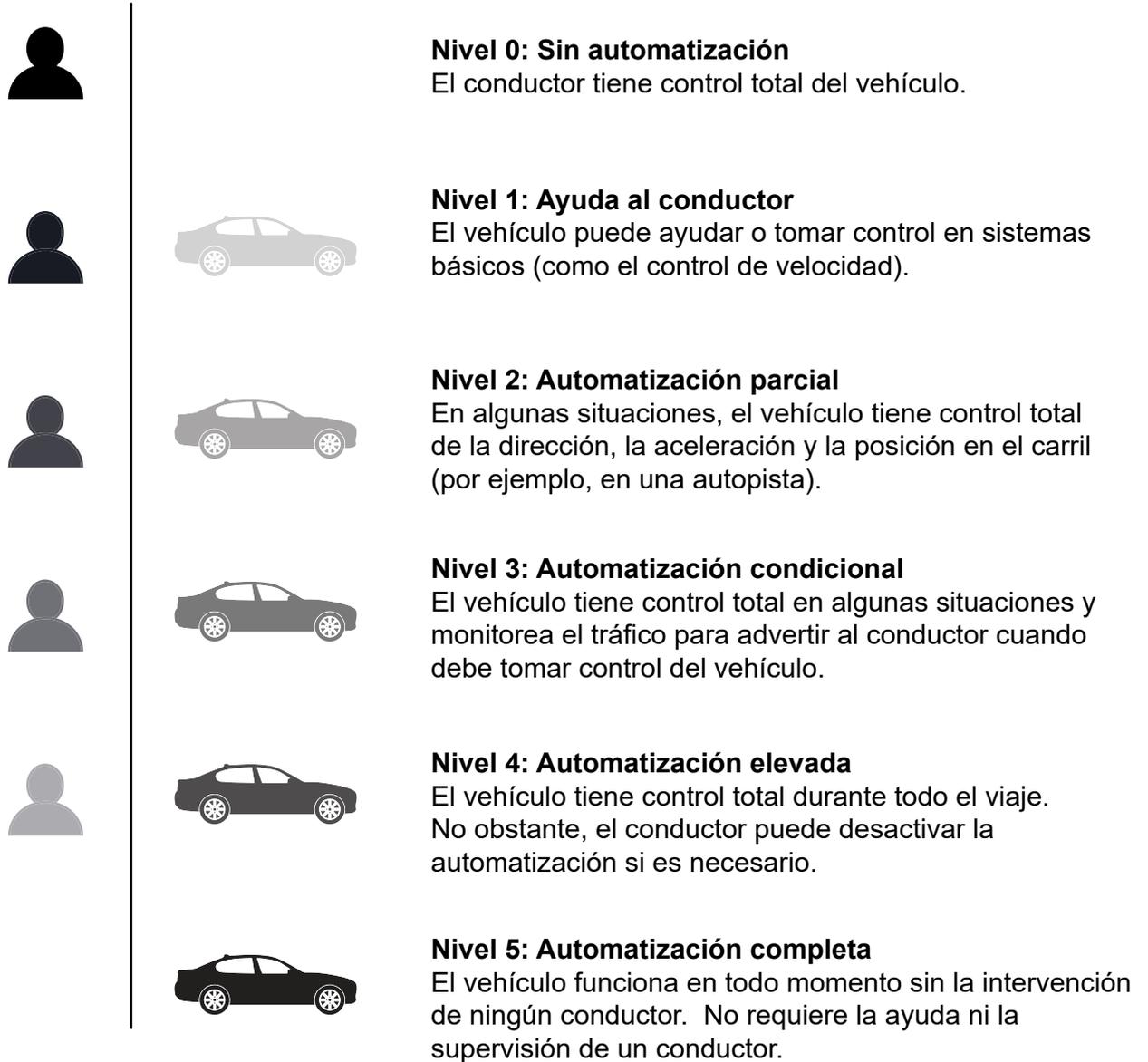
### 15 Situación actual

Varias organizaciones influyentes han efectuado investigaciones sobre vehículos sin conductor, como *Intel*, *Apple*, *Tesla*, *Google*, *Volvo*, *Toyota*, *Hyundai* y *Uber*. Muchos países también se esfuerzan por facilitar la adopción de estas tecnologías.

Véase al dorso

20 Actualmente hay muchas tecnologías que brindan asistencia al conductor hasta el nivel 2 en  
la escala de la Sociedad de Ingenieros de Automoción (*Society of Automotive Engineers*, o  
SAE por sus siglas en inglés), como el frenado automático y el control de velocidad (véase  
la **Figura 2**). El cambio crucial ocurre entre los niveles 2 y 3, donde el control pasa del  
conductor al vehículo. La investigación sobre vehículos en el nivel 3 ha identificado una serie  
de problemas que parecen difíciles de resolver, por lo que la investigación y el desarrollo se  
25 centran ahora principalmente en los niveles 4 y 5.

**Figura 2: Los cinco niveles de autonomía del vehículo**



[Fuente: © Organización del Bachillerato Internacional, 2019]

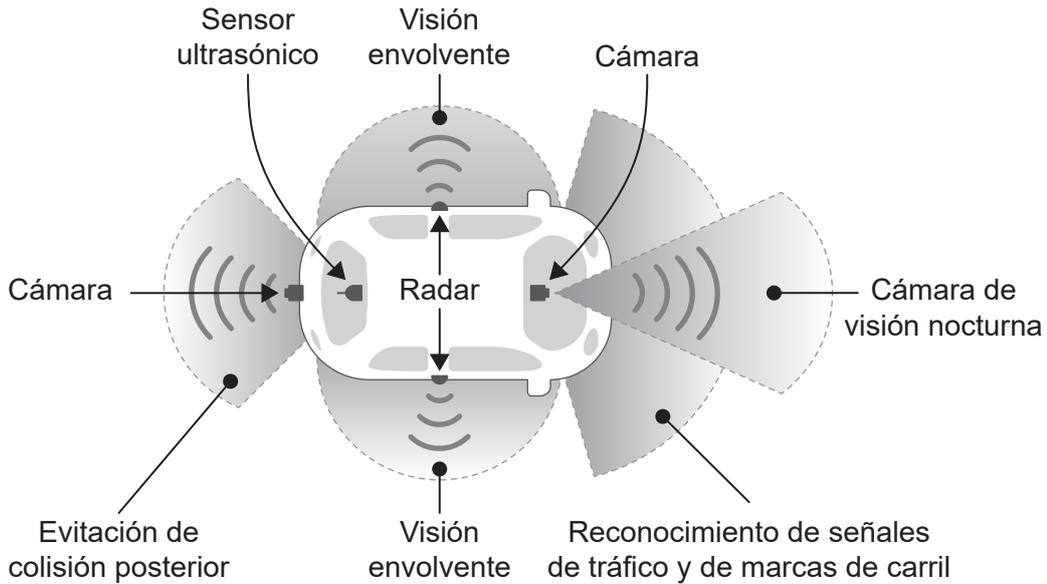
El comité de coordinación de la FMVSC se reúne anualmente, y el presidente de cada comité asesor presenta un informe sobre sus hallazgos actuales y los planes de desarrollo propuestos. La reunión más reciente, FMVSC 24, se realizó entre el 3 y el 8 de marzo de 2018 en San José (Costa Rica).

30 **Técnico**

Loykie Ropartz, el presidente del comité asesor técnico, proporcionó la siguiente información en un breve resumen de las tecnologías asociadas con los vehículos sin conductor y el ecosistema respectivo:

- Los vehículos sin conductor son un ejemplo de computación ubicua.
- 35
- Los vehículos sin conductor están equipados con varios sensores y sistemas de control, según su nivel de autonomía. La **Figura 3** muestra algunos de los sensores que se pueden encontrar en un vehículo sin conductor.

**Figura 3: Sistema de detección del entorno en un vehículo sin conductor**



[Fuente: con la amable autorización de 3M]

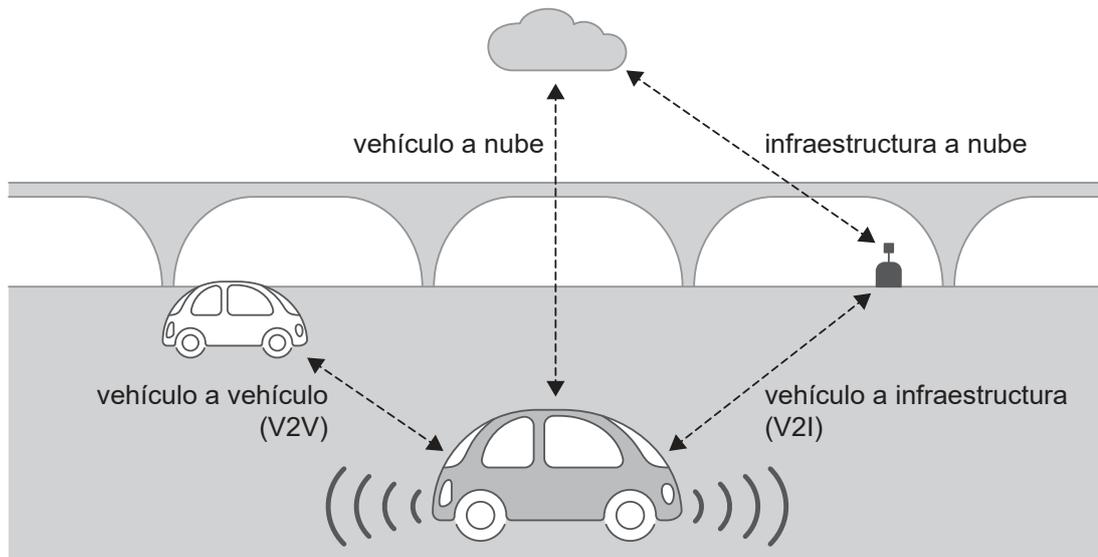
- Los vehículos sin conductor con plena autonomía necesitan realizar continuamente un número considerable de actividades simultáneas. Para una conducción completamente autónoma y completamente segura, la posición del vehículo sin conductor debe conocerse con un margen de unos pocos centímetros y el vehículo debe poder determinar su relación con todos los demás objetos en sus inmediaciones. La precisión de la interacción del vehículo sin conductor con los elementos del ecosistema dependerá de la calidad del hardware y, lo que es fundamental, de la potencia de procesamiento disponible en el “cerebro” del vehículo. La toma de decisiones de este “cerebro” debe ser más rápida, más precisa y menos propensa al error que un cerebro humano para minimizar el riesgo de que ocurran accidentes.
- 40
- Un vehículo sin conductor puede minimizar el riesgo de accidentes al:
    - ser capaz de percibir el entorno inmediato del coche usando sensores
    - tomar las decisiones de conducción correctas utilizando un sistema de inteligencia artificial (IA) basado en reglas
    - tener una baja latencia.
- 45
- 50

Véase al dorso

- Los futuros vehículos sin conductor que operarán desde el nivel 2 de la SAE en adelante, requerirán el desarrollo de una comunicación confiable entre el vehículo sin conductor y su entorno. Estos vehículos necesitarán:
  - conocer la ubicación exacta del coche utilizando un GPS preciso vinculado a mapas precisos
  - comunicarse con otros vehículos utilizando un protocolo de vehículo a vehículo (V2V)
  - comunicarse con la infraestructura vial inmediata utilizando un protocolo de vehículo a infraestructura (V2I).

La **Figura 4** muestra el ecosistema de vehículos sin conductor y las comunicaciones que usan V2V y V2I dentro del ecosistema.

**Figura 4: El ecosistema de vehículos sin conductor**



[Fuente: con la amable autorización de 3M]

Se estima que en 2017 había 64 millones de kilómetros de carreteras en todo el mundo. Loykie comentó que sería deseable que estas carreteras tuviesen infraestructuras adecuadas para vehículos sin conductor.

### Social

El comité asesor social, dirigido por Dheepa Dev, está formado por representantes de cada uno de los 75 países participantes. Se reúnen para analizar el impacto de los vehículos sin conductor en sus países y para considerar cómo se verán afectadas sus sociedades a nivel nacional, local e individual. Los miembros del comité están entusiasmados con las oportunidades que estos vehículos pueden traer a sus países.

Dado que muchos países tienen poblaciones envejecidas, un mejor transporte para aquellos que no pueden conducir traerá muchos beneficios, lo que llevará a un aumento significativo en la calidad de vida. Las carreteras más seguras, debido a una reducción en el número de accidentes, serán ventajosas para los ya muy exigidos servicios de salud.

Puede haber otros beneficios para la gente. Los trabajadores podrán hacer un uso más eficaz de sus viajes hacia y desde el trabajo, el uso compartido del automóvil podría florecer y los vehículos podrían usarse las 24 horas del día.

### Ético

- 80 Diane Kreps, presidenta del comité asesor ético, quiere asegurarse de que el diseño de automóviles sin conductor se base en sólidos principios éticos. El grupo de Diane está investigando la toma de decisiones éticas que ocurrirá cuando un vehículo sin conductor se encuentre con una situación potencialmente peligrosa. Se le ha informado que hay una variedad de marcos de decisiones éticas que podrían adoptarse, lo que puede afectar las
- 85 reglas que siguen los automóviles sin conductor o la velocidad a la que se pueden introducir niveles más altos de automatización. La pregunta sobre quién debería ser responsable si ocurre un accidente ya se ha tratado ampliamente y en varias ocasiones.

### Económico

- 90 La creación inicial de prototipos de vehículos sin conductor se ha llevado a cabo en varios países económicamente desarrollados. En estos países, la investigación inicial la han efectuado compañías multinacionales que pueden absorber estos costos. El comité asesor económico, dirigido por Carlos Piqué, está investigando la posibilidad de introducir vehículos sin conductor en otros países de la FMVSC que no han podido participar en las primeras investigaciones. Puede haber significativos beneficios económicos para los países menos
- 95 desarrollados económicamente.

### Medio ambiente

- El comité asesor ambiental discutió el potencial para un uso más eficiente de los vehículos y para tener menos vehículos en la carretera. Los miembros pensaron que estos cambios podrían generar muchos beneficios para las comunidades, como una menor contaminación,
- 100 menos congestión y un uso del terreno y de los edificios más orientado a la sociedad.

- El software de búsqueda de rutas instalado en los vehículos sin conductor garantizará que se elija el trayecto más respetuoso con el medio ambiente. Intentará dirigir los vehículos sin conductor a rutas donde se pueda mantener una velocidad constante y evitar la congestión. Carole Rossignol, presidenta de la FMVSC, ha sugerido que la investigación del software
- 105 de búsqueda de rutas se debe subcontratar a terceros y no debe formar parte de la tarea de la FMVSC.

### Legal

- Carole desea que los gobiernos desarrollen una legislación que aborde los problemas de responsabilidad que resultarían cuando los automóviles sin conductor en las vías públicas
- 110 estén involucrados en accidentes. En la actualidad, la introducción de legislación es muy fragmentaria, ya que algunos países o estados tienen una legislación limitada, mientras que otros tienen muy poca o ninguna. Las diferencias en el nivel de legislación entre países o estados obstaculizarían la introducción de vehículos sin conductor. Existen diferencias entre los códigos de circulación, las reglamentaciones de la licencia de conducir, los requisitos de seguro
- 115 y la educación de seguridad vial en cada país. El comité es consciente de la complejidad de armonizar las prácticas legales de tantos países.

### Político

120 Es fundamental que las organizaciones y los grupos de presión se relacionen con políticos y legisladores a medida que evolucionan los vehículos sin conductor, especialmente durante la etapa de transición, lo que necesariamente implicará la cooperación entre todas las partes interesadas.

### Desafíos que se plantean

125 El comité de coordinación de la FMVSC ha llegado a la conclusión de que la introducción de vehículos sin conductor ofrece muchas oportunidades, pero que existen varios obstáculos potenciales que superar.

### Desafíos éticos

Diane Kreps informó que:

- el marco de toma de decisiones éticas que utilicen los automóviles sin conductor debe abordar el potencial de daño humano y al medio ambiente
- 130 • implementar marcos de toma de decisiones éticas en un automóvil sin conductor será problemático
- diferentes países pueden tener diferentes percepciones de lo que es ético
- hay escasa unanimidad sobre qué constituye exactamente una decisión ética.

### Desafíos sociales

135 Dheepa Dev informó que:

- existe preocupación acerca de en qué medida la población confiará y utilizará vehículos sin conductor en diferentes niveles de la escala de la SAE
- muchas sociedades e infraestructuras se construyen en torno a la cultura del automóvil, y esto puede cambiar radicalmente con una reorientación hacia los automóviles sin conductor.

### 140 Desafíos económicos

Carlos Piqué informó que:

- los coches sin conductor de nivel 5 están diseñados para circular por todo tipo de carreteras, y los gobiernos quisieran que se agregue infraestructura a tantas vías como sea posible para facilitar la introducción de vehículos sin conductor en las primeras etapas de la escala de la SAE. Esto incluirá ubicaciones más allá de áreas urbanas y autopistas. Existe la preocupación de que la modernización de las carreteras existentes conllevará costos significativos de infraestructura
- 145 • los vehículos sin conductor deberían ser accesibles. El comité asesor económico está coordinando con los gobiernos posibles estrategias para alentar la adopción de vehículos sin conductor
- 150 • la creciente cantidad de software potencialmente costoso podría requerir actualización constante. Esto podría generar costos significativamente mayores para una variedad de partes interesadas
- la introducción de vehículos sin conductor puede llevar a cambios en los patrones laborales
- 155 • el desarrollo de estos vehículos y su infraestructura debe adecuarse a las circunstancias locales de cada país.

### **Desafíos legales**

Carole Rossignol informó que:

- 160
- deberá existir un marco para determinar la responsabilidad si un vehículo sin conductor está involucrado en un accidente
  - actualmente, cada país o estado tiene sus propias leyes para el uso de vehículos. ¿Será necesario, o posible, armonizar las leyes sobre el uso de vehículos sin conductor entre países?
- 165
- se deberán establecer normas que determinen los estándares de seguridad en vehículos sin conductor, como el uso de cinturones de seguridad y el diseño físico del espacio del conductor/ocupante.

170 Carole concluyó que al comité de coordinación le preocupa si las grandes compañías multinacionales y los políticos podrán trabajar juntos para superar las dificultades a nivel local, nacional e internacional.

[Fuente: WDVF es una organización ficticia, pero su estructura se basa en la de IFIP - Federación Internacional para el Procesamiento de la Información ([www.ifip.org](http://www.ifip.org)), establecida por la UNESCO en 1960 y aún en funcionamiento.]

**Términos clave asociados a *Hacia los vehículos sin conductor***

Autenticación  
Autorización  
Carreteras inteligentes  
Computación ubicua  
Comunicación de campo cercano (NFC, por sus siglas en inglés)  
Consecuencialismo  
Deontología  
Detección y medición mediante láser (LIDAR, por sus siglas en inglés)  
Dilema del tranvía  
Escala de la Sociedad de Ingenieros de Automoción (*Society of Automotive Engineers*; SAE)  
Latencia  
Modelo de toma de decisiones éticas de Markkula (Santa Clara)  
Planificación colaborativa de rutas  
Protocolo de vehículo a infraestructura (V2I)  
Protocolo de vehículo a vehículo (V2V)  
Radar  
Sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés)  
Sistema de transporte inteligente (STI)  
Tecnología de asistencia  
Utilitarismo

Las personas nombradas en este estudio de caso son ficticias y cualquier similitud con personas o entidades reales es pura coincidencia.

---