

Google's Driverless Car

Manuel Núñez

Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción"
Facultad de Ciencias y Tecnología
Ingeniería Informática
Teoría y Aplicación de la Informática 2
03.manu@gmail.com



Resumen Este documento presenta una visión general de los autos autónomos, remontándonos a sus orígenes y viendo cómo fueron evolucionando hasta hoy día, donde varias empresas ya están trabajando en esta tecnología, aunque para muchos sigue siendo ciencia ficción. Se presentarán los proyectos de algunas de estas grandes empresas, pero en especial veremos el auto autónomo de Google. Ventajas, desventajas y cuestionamientos serán analizados, y así mismo, se vaticina hacia donde nos podría llevar esta tecnología en un futuro presentando las tecnologías y prototipos emergentes.

Key words: autónomo, Google, Driverless car, GPS, LIDAR, conducción autónoma, Firebirds, Futurama, DARPA challenge, autos del futuro

1. Introducción

Los autos autónomos son aquellos que son capaces de conducir y navegar por completo por sí solos, sin una intervención humana directa, es decir, sin un conductor humano que intervenga. Es la realidad, los prototipos no solo se han probado en circuito cerrado sino que también se prueban en carreteras abiertas al tráfico, aunque todavía con mucha prudencia, no sea que algo falle.

Varias compañías están apostando a su liquidación comercial en un futuro próximo. Una de estas compañías, Google, está trabajando en su prototipo, con la cual ya vienen realizando pruebas por las rutas; han recorrido más de 500.000 kilómetros sin ocasionar un incidente o accidente, directamente.

La tecnología que emplean estos autos incluye sistema GPS, láser, cámaras con software de reconocimiento de imagen, realidad aumentada y sensores radar. Además, se vaticina que estos autos formen una red inalámbrica para intercambiar datos entre ellos, como velocidad y posición, y, así, evitar choques u ocasionar incidentes.

Es difícil imaginar qué cambios traerá esta revolución en la industria, la ley y la vida diaria. Pero, mientras muchos intentan predecirlo, estos autos autónomos ya circulan por la calle, probando, recopilando datos, “ajustando los motores”, como un pequeño adelanto de lo que se vendrá.

2. Historia

La innovación del automóvil ha logrado importantes avances en los últimos 100 años, hemos pasado del Modelo T a los coches superdeportivos. Parte de estos avances, y el tema que tratamos en esta investigación, es ir viendo cómo la autonomía pasó a ser un reto y un tema de interés para muchos investigadores, y detrás de ellos a grandes empresas, con gran fascinación sobre el tema (ya sea económica o por interés real).

Para empezar con el recorrido por la historia de los autos autónomos, es necesario decir que es más larga de lo que se podía decir.[1] Debemos trasladarnos hasta los orígenes, década de los años 20', donde surge todo, de manera a ir hilando las fibras de sucesos que fueron tejiéndose e hicieron posible el surgimiento de los autos autónomos. Luego, pasaremos a los 80', observando la evolución de estos autos, hasta llegar a nuestro presente, donde nos encontramos a puertas de proyectos que harían realidad lo que antes era solo ficción.

Es innegable decir que los autos autónomos aún se encuentran en pañales; sin tenerlos aún por nuestras calles, navegando libremente, quizás debemos esperar años para verlos hechos realidad...una historia a futuro aún por escribir. Pero décadas atrás, visionarios ya empezaron a soñarlo.

En 1926, una pequeña empresa local de Milwaukee hizo una demostración de un coche sin conductor, controlado por radio. *“Un coche de motor fantasma se aparecerá en las calles de Milwaukee hoy. Sin conductor; encenderá su propio motor, tirará de su embrague, girará su volante, tocará su claxon y quizás incluso*

replique al policía de la esquina”, esto era el inicio de la noticia en el diario local “*The Milwaukee Sentinel*”, informando a los ciudadanos sobre la demostración que una pequeña empresa lo iba a llevar a cabo el 8 de diciembre de ese año. [1] El vehículo era controlado desde otro que lo seguía y a través de un sistema de radio le enviaba órdenes, los cuales eran recibidos mediante un receptor instalado en el coche no tripulado. Esto nos parecería familiar, con los juguetes a control remoto con los que jugabamos antes, “*los autitos a control remoto*”.

Achen Motor fue la empresa encargada de la demostración. Se sabe que fue distribuidora de coches y camiones de la White Company, un fabricante de automóviles de Cleveland. [1] Puede que la empresa no haya trascendido con sus propósitos, pero lo que propuso en ese momento significó un cambio de perspectiva con la idea del auto.

Hasta la exposición Futurama (Fig. 1) de 1939, no se había vuelto a escuchar del prototipo de Achen Motor. En este evento, patrocinado por General Motors, se trataba de perfilar cómo sería la vida 20 años más tarde, dando a flote nuevamente la idea del coche sin conductor. El diseñador Normal Bel Geddes se encargó de crear modelos de carreteras automáticas, (Fig. 2) que alimentaban de energía a vehículos eléctricos controlados por radio.[1]



Figura 1. Exposición Futurama 1939.

En 1953, RCA Labs (compañía electrónica en existencia desde 1919 a 1986) construyó con éxito un coche en miniatura guiado y controlado por cables instalados como vías en el suelo del laboratorio. Se tomó la decisión de experimentar con el sistema en las instalaciones de carreteras reales. [2]

En 1958, un sistema de tamaño completo se realizó con éxito por RCA Labs y el Estado de Nebraska, 400 mts. de vía pública en la ciudad. Una serie de circuitos detectores experimentales enterrados en el suelo eran una serie de luces a lo largo



Figura 2. Modelo de carreteras automáticas - Exposición Futurama 1939.

del borde de la carretera. Estos circuitos fueron capaces de enviar impulsos para guiar el coche y determinar la presencia y la velocidad de cualquier vehículo metálico en su superficie. El sistema, desarrollado en colaboración con General Motors, combina dos modelos estándar: receptores de radio y dispositivos de señales acústicas y visuales, que fueron capaces de simular dirección automática, acelerar y frenar. En una demostración llevada a cabo el 5 de junio de 1960, en RCA Labs, a los periodistas se les permitió probar el sistema. [2]

También durante la década de 1950 a través de 1960, General Motors mostró el Firebirds (Fig. 3), una serie de autos experimentales descritos para tener un “sistema de guía electrónica que puede movilizarse sobre una autopista automática, mientras el conductor se relaja”. [2]

A lo largo de 1956 y 1957, publicaciones en los periódicos vaticinaban a los autos autónomos. La encargada de estas publicaciones fue una empresa de servicios eléctricos Central Power and Light Co., quien decía:

“La electricidad puede ser el conductor. Un día, su coche puede acelerar a lo largo de una super carretera eléctrica, su velocidad y dirección controlada automáticamente por los dispositivos electrónicos incorporados en la pista. Las carreteras estarán seguras por la electricidad. Sin tráfico, sin colisiones...sin la fatiga del conductor”.[2] (Fig. 4)

En 1960, el Laboratorio de Sistemas de Comunicación y Control de la Universidad Estatal de Ohio inició un proyecto para desarrollar autos sin conductor que se activan por medio de dispositivos electrónicos incrustados en la calzada. El jefe del proyecto, el Dr. Robert L. Cosgriff, afirmó en 1966 que el sistema podría estar listo para su instalación en la vía pública en 15 años.[1]

A principios de 1960, la Oficina de Caminos Públicos considera la construcción de una carretera experimental controlado electrónicamente.



Figura 3. General Motor Firebird III - 1958.



Figura 4. Publicación de la Central Power and Light Co., idealizando el concepto de cómo ellos creían que sería su futuro con los autos autónomos. Se observan indicadores (aparatos electrónicos) por la ruta, los cuales guiarían a estos vehículos

Cuatro estados - Ohio, Massachusetts, Nueva York y California - fueron a licitación para la construcción [1].

Durante la década de 1960 , Transportes del Reino Unido y el Laboratorio de Estudios de Carreteras probaron un conductor Citroen DS que interactuó con cables magnéticos que fueron incrustados en el camino. Fue a través de una pista de pruebas en 130 km sin desviación de la velocidad o dirección en cualquier condición climática , y de una manera mucho más eficaz que mediante el control humano. La investigación continuó en los años 70 con los dispositivos de control de cruceo activado por las señales de los cables debajo de las vías.[2]

Pasando a los 80', es importante resaltar que Alemania contribuyó mucho a los logros de los autos autónomos. En especial, un profesor de la Universidad de Bundeswehr, llamado Ernst Dickmanns, experto en inteligencia artificial, lideró un equipo que contruyó el primer vehículo realmente robotizado: cálculos probabilísticos, computación paralela y visión sacádica.¹

Posteriormente, EUREKA conduce el Proyecto Prometheus de 749 millones de euros en autos autónomos desde 1987 a 1995. EUREKA es una organización encargada de investigación, financiación del desarrollo y organización, en proyectos referentes a innovación. Y uno de estos proyectos de innovación fue Prometheus (PROgramme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety, 1987-1995), el mayor proyecto en el campo de los autos autónomos. Contó con la colaboración del pionero en los autos autónomos Ernst Dickmanns y su equipo.[3] Un primer punto de avance en el proyecto, se alcanzó en 1994, cuando sus vehículos robóticos gemelos Vamp y VITA-2²(Fig. 5) recorrieron más de 1000 Km de una carretera parisina de varios carriles, alcanzando una velocidad de 130 km/h. Demostraron conducción autónoma en los carriles libres, seguimiento automático de otros vehículos, y cambios de carril a la izquierda y derecha con paso autónomo de otros coches. Un año después, un segundo punto de gran avance con los Mercedes Benz. Un modelo Clase S puesto a punto por Dickmanns, hizo 1678 km en autopista, desde Múnich a Dinamarca y viaje de vuelta. Esta vez el vehículo condujo durante 158 km sin intervención humana y alcanzó los 180 km/h de velocidad.[2]

También en la década de 1980, DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) llevó a cabo el proyecto Vehículo Autónomo Terrestre (ALV, Autonomous LAnd Vehicle) en los Estados Unidos. EL proyecto ALV permitió la demostración del primer seguimiento de camino que utiliza el radar láser, visión artificial y control robótico autónomo para el control de un vehículo robótico de hasta 19 millas por hora. En 1987, Laboratorios HRL demostró el primer mapa off-road y el sensor de navegación autónomo. El

¹ Movimientos rápidos de los ojos u otras partes de animales o dispositivos

² El VaMP, junto con el VITA-2 fueron uno de los primeros verdaderos autos autónomos. Eran capaces de conducir en tráfico muy congestionado por grandes distancias sin intervención humana, usando computer vision para reconocer objetos rápidos en movimiento como ser otros autos, y de esa forma evitarlos. [4]

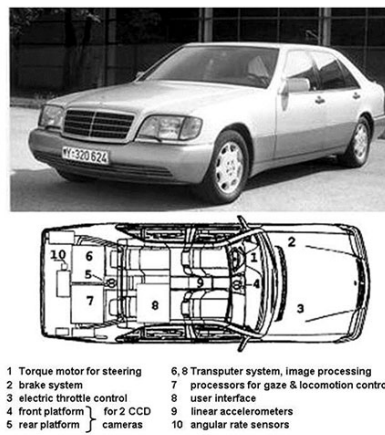


Figura 5. Vehículo de prueba Vamp. Su hermano gemelo fue el vITA-2

vehículo recorrió más de 2.000 metros en 1,9 kilómetros por hora en terreno complejo con fuertes pendientes, barrancos, grandes rocas y vegetación. [2]

En 1995, un equipo de Mercedes Benz logró un 95 % conducción autónoma en un viaje de 1.600 kilómetros en Europa. [2]

En 1996, un equipo de la Universidad de Parma lanzó el proyecto ARGO, el cual permitió a un Lancia Thema (auto ejecutivo producido en Italia) seguir las líneas pintadas de la carretera. Culminó en un viaje de 1900 Km. El auto operó en modo automático total un 94 % de su viaje. Usaba dos videocámaras en blanco y negro de bajo precio y algoritmos de visión estereoscópica para entender el ambiente que lo rodeaba. [2]

En 2001, el Gobierno de los EE.UU., que financió proyectos como Demo I, Demo II, y Demo III, logró muchos kilómetros de conducción de vehículos no tripulados, evitando todo tipo de obstáculos naturales. [2]

Desde 2004 hasta 2007, DARPA realizó competiciones de autos autónomos, con premios de 1 y después 2 millones de dólares. Los diferentes equipos participantes fueron recibidos por los principales fabricantes y universidades y sirvieron como plataforma para mejorar la tecnología aún más. Tras cada año de competencia, el ganador de la carrera realizaba tareas más difíciles. A partir de principios de 2013, los coches autónomos, aunque todavía en fase experimental y de desarrollo, han sido impulsados autónomamente por cientos de miles de kilómetros en total.

La primera década de este siglo estuvo caracterizado por la aparición de cada vez más prototipos de autos autónomos; en su mayoría, como proyectos universitarios e investigación científica, los cuales presentaban nuevas tecnologías, para ir superando las pruebas cada vez más difíciles de las competiciones. Con el paso de los años, las grandes empresas automovilísticas, incluyendo la General Motors, Ford, Mercedes-Benz, Volkswagen, Audi, Nissan, Toyota, BMW, Volvo, y Cadillac, fueron testeando sus sistemas de

autos autónomos. Aunque aún no existen vehículos 100% autónomos (se están probando muchos prototipos pero nada aún para el público), muchos modelos de autos generales ya tienen limitadas funciones autónomas como por ej. el control autónomo de cruce (permite controlar la distancia con vehículos adyacentes en el mismo carril), ajustar la velocidad de acuerdo a la velocidad del flujo del tráfico (traffic jam assistant), asistentes de aparcamiento, y otros. Podemos decir que la conducción de los autos tiende hacia la autonomía, así que en un futuro no muy lejano, se harán realidad.[2]

3. Cómo funciona

En la actualidad existen diversos proyectos sobre autos autónomos, de investigadores y grandes empresas, cada uno tomando su propio camino en el diseño, dándole características específicas de acuerdo a los objetivos que se plantearon. Pero, existen elementos comunes a todos ellos, los cuales nos darán una visión general del funcionamiento de estos autos.

Básicamente, estos autos necesitan hacer dos cosas para encontrar su camino y manejar: *el mapa completo del área que lo rodea*, incluyendo los objetos y la trayectoria de desplazamiento definido en esa área, y *su posición relativa*, y necesita saber qué está haciendo (entender el significado de los objetos del mapa) con respecto a lo definido en el mapa. El mapa y la posición relativa del vehículo en ese mapa son dinámicas y se actualizan continuamente.

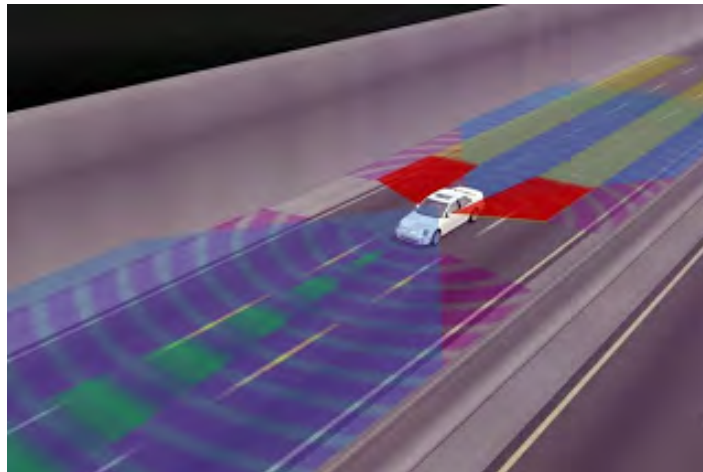


Figura 6. Simulación de un auto autónomo en movimiento.

Para producir ese entendimiento del ambiente que lo rodea, las herramientas y los instrumentos utilizados por el auto autónomo para reunir los datos que necesita son [5] :

- Sensores de radar:** este sistema permite la detección de objetos, usando ondas de radio, para determinar el rango, altitud, dirección y/o la velocidad de los objetos. Esto es muy importante para el vehículo, puesto que le permite detectar los obstáculos que lo rodean.[6] Generalmente estos radares se encuentran ubicados tanto en la parte trasera como delantera del auto.
- Cámaras:** actualmente se utilizan para distinguir los carriles y para detectar señales visuales, pero como el software de procesamiento de imágenes sigue desarrollándose, la importancia de las cámaras a bordo aumentará. El software de procesamiento de imagen actualmente puede detectar señales y luces de tráfico, las barras separadores del carril, y otros objetos. Más adelante, hasta podría usarse para reconocimiento facial, para que el auto pueda reconocer a su dueño o al pasajero que pasa a buscar.
- GPS:** El sistema de posicionamiento global, como bien es conocido, permite determinar la ubicación del coche mediante información recibida de los satélites y así mismo, determinar su destino.
- Acelerómetro:** constituye una herramienta de respaldo, puesto que ayuda con la navegación del vehículo cuando la señal recibida por los GPS son pobres o cuando los sensores de proximidad no funcionan adecuadamente.
- Sensor ultrasonido:** ubicados generalmente en la parte delantera y trasera del vehículo, permiten detectar obstáculos de una manera más precisa, posibilitando el estacionamiento o aparcamiento del coche ya sea autónomamente o manual (en manos de un conductor).
- Sensor de rueda:** se utiliza para controlar la estabilidad del vehículo y además se encarga del bloqueo/desbloqueo del sistema de frenado. Como otros equipos con los que cuenta el vehículo, estos sensores sirven de respaldo para cuando el sistema de GPS no está disponible debido al nivel de señal pobre que puede llegar a sufrir, entonces, por ello, permiten hacer un seguimiento de la ubicación del vehículo.
- Laser Range Finder (Lidar):** permite determinar la distancia de los objetos desde la fuente, el cual es un emisor laser. Este emisor, en lugar de utilizar ondas de radio (radar), usa un haz de láser pulsado, el cual es emitido, y para determinar la distancia de un objeto se toma el tiempo desde la emisión del haz hasta su retorno luego de reflejarse. (Fig. 7)

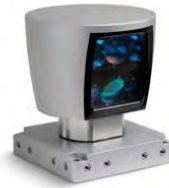


Figura 7. Lidar

Procesamiento. La computadora toma toda la información captada por los elementos anteriores (sensores, GPS, láser) junto con otras informaciones propias del vehículo como la velocidad, para así poder manejar el auto, creando para ello una representación virtual del mundo que lo rodea y así dirigirse a su destino. Toda esta representación ha de ser procesados de forma rápida, para obtener una respuesta rápida que permita al coche realizar la acción en el menor tiempo posible. Según algunos estudios el tiempo de reacción media de algunas personas para accionar los frenos es de algo menos de dos segundos, mientras que el de un vehículo autónomo es de tan solo 3 décimas de segundo. Todo ello gracias a la capacidad de procesamiento que llevan estos vehículos en su interior con unos siete procesadores de doble núcleo cifra que sube hasta 17 en algunos casos.

Sistemas en uso

- Control crucero:** mejor conocido como “velocidad crucero”, fue una de las primeras tecnologías hacia el manejo autónomo. Básicamente, este sistema mantiene el vehículo a una velocidad constante, sin que el conductor deba mantener acelerando. [5]
- Frenos antibloqueo:** se trata de un sistema que impide automáticamente el bloqueo de los frenos, cuando el conductor aplica los frenos en su totalidad. El sistema realiza una mejor labor que el conductor, realizando un bombeo en el frenado, y de esa forma evitar que el vehículo pierda el control. [5]
- Frenado de emergencia AEB(Autonomous Emergency Braking):** estos sistemas funcionan con el uso de un radar, laser o video que controla todo aquello que quede por delante del vehículo. La mayoría de estos sistemas utilizan tecnología de radar, o dicho de otra manera, un sensor de Detección y Medición por Láser (Lidar), que se ubica en el zona superior del parabrisas controlando una distancia de 10 metros delante del vehículo, con objeto de detectar posibles obstáculos, que puedan representar una amenaza de colisión.

El AEB es capaz de tomar el control del sistema de frenado si el conductor no responde a las alertas pre-colisión. Si el AEB detecta que se está aproximando a otro vehículo u objeto y si la colisión es muy probable,

ya que hay una velocidad muy alta respecto a la distancia entre ambos, el sistema prepara los frenos y hace que el servofreno de emergencia sea más sensible, avisando al conductor de que es necesario actuar. Estos sistemas intentan ser lo menos invasivos posibles desactivándose en cuanto detectan que el conductor realiza una maniobra evasiva. Aunque también pueden ser completamente autónomos llegando a frenar el vehículo si el conductor no responde a los avisos. [7] [5]

- **Estabilidad y control de tracción:** estos son los sistemas que utilizan diferentes sensores para determinar cuándo un coche puede derrapar o darse la vuelta y trabajar con el fin de evitar que estos sucedan. Estos sistemas son mucho más complicados en comparación con los dos sistemas mencionados anteriormente. La dirección del vehículo, la velocidad y la presión de contacto entre la calzada y las ruedas son monitoreados constantemente. Cuando se determina que el coche va fuera de control, el sistema se hará cargo y aplicará los frenos o ajustará la presión en cada rueda. En la mayoría de los casos, este sistema proporciona un rendimiento óptimo a la de un conductor humano. El sistema utiliza codificadores digitales similares a los utilizados en los sistemas de frenado antibloqueo, con el fin de medir con precisión la rotación de la rueda. [5]
- **Sistemas para prevenir accidentes:** son los sistemas que detectan una colisión inminente y preparan el coche antes que suceda, con el fin de salvar vidas y reducir las lesiones. El sistema prepara bolsas de aire, reduce la potencia del motor, y se aprieta el cinturón de seguridad. Esto se produce en un tiempo muy corto, incluso antes de que el conductor disponga de tiempo para aplicar los frenos en su totalidad. [5]
- **Traffic Jam Assistant (Asistente de atascamiento en el tráfico):** este sistema ayuda al conductor, liberándolo del cansador parar-avanzar que se dan en los atascos en un tráfico. El funcionamiento del sistema parte de una necesaria recopilación de datos de todos los demás asistentes: sensores de aparcamiento, las cámaras, el sistema de advertencia de abandono del carril... así el vehículo sabe lo que está pasando en su entorno y es capaz de evaluar y actuar en consideración. Centrándonos en el campo de ejecución de este sistema, los atascos, el vehículo será capaz de emplear todos los sensores disponibles para que la acción de parada y arranque se realice de manera automática sin intervención del conductor. De este modo el vehículo mantendrá la distancia necesaria respecto al vehículo anterior y posterior, pero añadiendo la acción permanente de análisis de todo el entorno. [29] [5]
- **Control de crucero autónomo:** mediante sensores de radar, ubicados en la parte delante del vehículo, este sistema mejorado permite detectar un coche delante y ajustar la velocidad de acuerdo a ello, a fin de mantener una distancia segura entre ambos vehículos. [8]

- Sistema de autoaparcamiento:** un sistema que se está introduciendo en algunos modelos de lujo es la capacidad de auto-estacionamiento. Por supuesto, el coche tiene que ser llevado cerca del lugar deseado dónde estacionar por primera vez por el conductor y que le dijeran dónde estacionar. [5]
- Sistema de advertencia de abandono del carril:** es un mecanismo diseñado para advertir al conductor cuando el vehículo comienza a salirse de su carril. Estos sistemas están diseñados para minimizar los accidentes, abordando las principales causas de las colisiones: error del conductor, distracciones y somnolencia. Existen dos tipos: los que advierten al conductor, y los que luego de advertir toman medidas automáticamente para asegurarse de que el vehículo permanezca en su carril.[9]

3.1. Beneficios

Beneficios que brindaría la adopción de este sistema:

- Reducción de Accidentes:** el número de muertes por accidentes de autos, según estudios, es la décima causa de muertes en general. La principal causa de estos accidentes es el *error humano*. El uso generalizado de los vehículos autónomos reduciría eso. La posibilidad de evitar accidentes de tránsito, que causan la muerte de cerca de 1,3 millones de personas en todo el mundo, según la Organización Mundial de la Salud es una de las razones principales para apoyar esta tecnología. Entonces pasamos de considerar errores humanos a posibles *errores de la máquina*, lo cual es totalmente factible; pero, con la tecnología existente y empleada en estos vehículos, incluso si hay errores de la máquina que provoquen muertes o lesiones, el total seguirá siendo mucho más baja, en comparación con las cifras que estamos viendo hoy. [5]
Tras lo expuesto, surge la duda de si luego de un accidente, la gente continuaría confiando en estos sistemas. Y por experiencias con otros sistemas nuevos que tuvimos, como volar en avión, el cual tuvo accidentes ya sean por errores humanos o por la máquina en sí, y aún así sigue siendo considerado uno de los medios de transporte más seguro (según las estadísticas), podría estar permitido pensar que los autos autónomos podrían ser bien aceptados por las personas, pudiendo llegar a convertirse en el medio de transporte más seguro.
- Reducción de tráfico:** la precisión y exactitud son característica de toda máquina, lo que permite una reacción mucho más rápida que la que un humano podría tener. Planteando la siguiente situación: una carretera o calle con mucho tráfico donde los autos se detienen y mueven a cada instante. Cada vez que un auto se mueve, se pierden algunos segundos entre dos coches. Multiplicando este número por el total de autos en la carretera, se llega a un número muy elevado de retraso por tráfico. Además, los humanos necesitamos una distancia de seguridad entre autos

debido a que reaccionamos más lento. Con los autos autónomos este proceso ineficiente será historia. Ellos serán capaces de reaccionar al instante al tráfico en movimiento, permitiendo distancias más cercanas entre sí (gracias a los radares y sensores). Esto, en efecto, creará un flujo mucho más eficiente y continuo de tráfico, lo que aumentará la capacidad de la carretera, incluso en situaciones de grandes embotellamientos. [5]

- Mayores velocidades, más seguridad:** como habíamos dicho, el tiempo de reacción que tienen las máquinas por encima de las personas, permitirían conducir a grandes velocidades con mayor seguridad. Además, siempre irían a la máxima velocidad permitida por la ruta en la que transitan, puesto que ese límite estaría almacenado en su base de datos. [5]
- Más espacio y facilidad para estacionar:** el proceso de estacionar sería mucho más fácil en término de espacio y tiempo. Alguien que necesita estacionar, solamente debería dejar el auto y él se estacionaría sólo en algún lugar preparado para ello, y no importa si está en las afueras de la ciudad, puesto que el auto volvería cuando lo necesitamos de nuevo. De esta forma, los problemas de espacio para estacionar en las ciudades podrían ser resueltos. [5]
- Menor número de policías de tránsito:** la necesidad de policías de tránsito en las carreteras se verá disminuida, debido al “buen comportamiento” que los autos autónomos tendrían con las leyes de tránsito; además, la necesidad de poseer seguros para los vehículos también se verá disminuida por la disminución de accidentes en las rutas. [5]
- Mayor eficiencia en el consumo del combustible:** el auto autónomo usaría menos combustible fósil porque viajaría a velocidad constante y maximizaría la eficiencia del combustible en todos sus viaje. Un conductor eficiente aceleraría y frenaría con moderación, viajaría a velocidad constante y seguiría la ruta óptima. [5]
- Reducción de la contaminación del aire:** como resultado de menos emisiones de humo, menor consumo de combustible y menos tráfico. [5]
- Ahorro de tiempo:** es una de las características más utilizadas por quienes publicitan estos autos. Se plantea el ahorro del tiempo evitando que la persona conduzca, permitiendo que la persona haga otras cosas productivas en el auto durante el viaje. Oficina móvil. Todo el tiempo que se pierde en los embotellamientos, todas esas horas perdidas acumuladas anualmente, podrían ser utilizadas o empleadas en actividades que nos permitan ser más productivos y aprovechar nuestro tiempo de forma más eficiente, realizar trabajos pendientes de la oficina o adelantarlos, estudiar, organizarnos...podríamos hasta dedicarlos al ocio o al descanso, por qué no.[5]

- Menos autos y precios bajos:** habrá una reducción del número de vehículos necesarios y el costo medio del transporte en automóvil disminuirá. Una de las razones es la eliminación de un pasajero redundante (dos personas que quizás se dirigen al mismo lugar y lo hacen en vehículos distintos), lo que supondría que aumenta la capacidad de carga de los coches, permitiendo menor número de coches en la operación. Servicios, como los taxis, ya no serán necesarios. El consumo total de combustible disminuirá, menos coches operarían en la carretera. Otro factor que contribuye es la gente será capaz de prestar, alquilar coches y pedir prestado más fácilmente, ya que los coches pueden conducir a donde más se necesitan. En la actualidad, la mayoría de las veces nuestros coches nos esperan inútilmente, ocupando plazas de aparcamiento. Estos automóviles, en lugar de estar de brazos cruzados esperando por nosotros, podrían conducir y llevar a otras personas (suponiendo que querramos compartir nuestros vehículos). Esto significa que el tiempo de funcionamiento de los coches, en promedio, se incrementará, lo que significa a su vez, que la misma cantidad total de transporte que necesitamos como una sociedad se logrará con menos cantidad de coches. Introduciendo alguna identificación, desde una aplicación de teléfono y gracias a Internet, se podría contactar con el vehículo, informándolo a dónde ir y cuándo tiene que volver. Incluso puede haber sitios de internet o aplicaciones telefónicas para organizar todo esto instantáneamente entre las personas que quieren prestar o hacer uso del vehículo.

- Beneficios para las personas mayores y discapacitados:** permitiría esa independencia de movilización a aquellas personas con capacidades diferentes.[5]

- Mejora en el transporte de mercancías:** movilizar mercaderías, retirarlas de las tiendas, hacer entregas, deliveries, todo podría realizarse sin la necesidad de contar con algún conductor pasajero. Con una programación de direcciones, podrían ir y venir. Esto beneficiaría en un ahorro de tiempo evitando conducir y por ende, todos los otros problemas que ya se vieron anteriormente (tráfico, seguridad, problemas con estacionar, entre otros). [5]

- No posee estado de ánimo:** a diferencia humana, una máquina no tiene el “estado de ánimo” y por lo tanto, no importaría si el conductor es demasiado viejo o demasiado joven, y se encuentra en su estado de ánimo adecuado (feliz, alegre, depresivo), por lo que la prudencia y precisión seguirán siendo una constante en el manejo. [5] [10]

- Impacto en la economía:** la puesta en las calles de esta nueva tecnología, autos autónomos, significaría que varios servicios dejarían de existir en la misma medida y con la misma necesidad. Ya hablamos de que los taxis ya no serían necesarios. También, menos autos significarían menos mecánica automotriz en general, quizás sí aquellos más especializados para

tratar estos autos. Pero estaríamos hablando de más ingenieros y programadores para controlar tanto la parte mecánica del auto como el software que lo controla. Los autos manejarían mejor, con más precisión, lo que llevaría a necesitar menos arreglos al coche. Menos talleres mecánicos de automóviles significan una enorme disminución de las piezas de automóviles y accesorios también. Esto tendrá un efecto dominó en la economía, puesto que la industria automotriz es una de las industrias que más mueve la economía, lo que afecta a muchas otras industrias a su vez. Pero toda esta disminución de trabajo en ciertas áreas, permitirá o exigirá crear nuevas áreas de trabajo que se adapten a todo ese cambio que es necesario. Surgirán nuevas fuentes de trabajo y áreas de trabajo. En el pasado ya tuvimos estos tipos de cambios, como en la Revolución Industrial: cada automatización crea mayor calidad y más puestos de trabajo basados en la información y la nueva tecnología emergente. [5]

3.2. Cuestionamientos

- Las leyes, reglamentos y cuestiones éticas, para los autos autónomos, más que la tecnología, es el impedimento principal en su adopción. Si no se modifican estas leyes que permitan el ingreso de estos autos, nunca podrán salir a las calles. Surgen preguntas interesantes. En caso de un accidente durante la conducción en modo automático, entonces, ¿de quién es la reponsabilidad?, ¿quién sería el culpable?, ¿el conductor del auto o la empresa que diseñó el sistema? Tomando los vuelos nuevamente como caso de comparación, podemos decir que éstos son operados la mayor parte del vuelo en modo automático, con el piloto interviniendo un 1/10 parte del vuelo. Pero el escenario es totalmente distinto, las reglas y obstáculos que existen a nivel terrestre son muy distintas que las del espacio aéreo. Existen muchas cosas en donde la máquina podría fallar y también muchas reglas en la ruta que deben respetarse y ser seguidas. [2] [10]
- Como el sistema, el software del vehículo, al fin y al cabo es un programa corriendo en una computadora, ¿quién niega la posibilidad de sufrir ataques que desestabilicen su correcto funcionamiento, ya se traten de hackers tratando de irrumpir en el sistema, o de virus, malware y otras series de amenazas existentes en la red? [10] [11]
- Un problema con el auto es que a medida que se viaja a velocidades más altas, por encima de las 160 Km, se complica o dificulta un poco la “visión” del vehículo (sensores, radares, Lidar). Todo ese procesamiento de datos, que ingresan por la visión del vehículo, deben ser tratados y analizados para poder dar una respuesta instantánea a altas velocidades. Las malas condiciones climáticas (nieve, tormentas) también podrían afectar la “visión” del vehículo.
- Muchas personas no confiarían sus vidas a un sistema de inteligencia artificial. Son muchas cosas imprevisibles que pueden pasar. Esta imprevisibilidad de hechos obliga al conductor a tomar miles de decisiones instantáneas para cubrir cualquier trayecto, cosa que el cerebro humano

resuelve sin siquiera ser muy consciente y con toda facilidad. Emular esta capacidad de decisión humana en base a un programa lógico capaz de reaccionar a imprevistos es increíblemente difícil. Y ese es el problema y el reto. [2]

Las grandes empresas deben asegurarse de crear esa confianza entre las personas y los autos, demostrar la confiabilidad, precisión y exactitud de estos sistemas, para así tener un mercado al cual salir.

- “¿Sabrá el auto cuándo parar, o cuándo desacelerar? ¿Podrá decidir si en una esquina debe cruzar o esperar que el semáforo se ponga en rojo? Estas cuestiones son difíciles de imaginar sin la intervención de un cerebro humano.” [11]
- “**Responsabilidad legal.** Si uno de estos autos choca con otros, o con un conductor humano, ¿quién debería hacerse cargo de los daños, la empresa que fabricó el sistema o la persona que adquirió del vehículo?” [11]. O si la policía multa al auto (muy improbable puesto que este vehículo debería respetar las leyes de tránsito a la perfección), pero ¿quién debería recibir la multa?
- Los impuestos a los vehículos permiten que los estados recauden mucho dinero. Si en un futuro la cantidad de autos disminuyese, este ingreso se vería afectado. Entonces, ¿de dónde lucra el estado para mantener las rutas? Si este es el caso de este hipotético futuro, lo más seguro es que todo pase a ser un servicio propietario de una o varias empresas. El importe de las tasas al estado por hacer uso y disfrute de estas instalaciones sería la solución para aplacar el faltante que se genere.
- No será nada barato adquirir uno de estos autos.

4. Cuestiones legales.

Poner en circulación autos autónomos, implicaría toda una legislación que de cabida su circulación. Las actuales leyes de tránsito que nos rigen deberían ser modificadas y nuevas deberían crearse.

Para analizar todo el movimiento de legislaciones que están produciendo las grandes empresas para poder quitar al mercado estos autos, en un futuro no muy lejano, los Estados Unidos será la siguiente parada.

En los Estados Unidos no existen reglamentos ni leyes que sustenten a los autos autónomos, pero tampoco lo prohíben. La situación jurídica está algo complicada, se libra una batalla por los patentes, y por una carrera entre las empresas para ver quién queda autorizado para lanzar primero sus autos. [2]

Con el fin de regular este tipo de vehículos, leyes específicas ya han sido promulgadas con éxito a finales del 2012, en los estados Nevada, Florida y California.

En Nevada se aprobó una ley que autoriza el uso de los autos autónomos. Así, en junio de 2011, Nevada se convirtió en la primera jurisdicción en el mundo donde estos vehículos pueden ser operados legalmente en la vía pública. [2]

El proyecto de ley fue promulgada por el gobernador de Nevada el 16 de junio de 2011. De acuerdo con la ley, el Departamento de Vehículos

Motorizados de Nevada es responsable de establecer la seguridad y las normas de funcionamiento y la agencia es responsable de la designación de las zonas donde los autos autónomos serán utilizados. La ley entró en vigor el 1 de marzo de 2012. Esta legislación fue apoyada por Google en un esfuerzo para llevar a cabo legalmente más pruebas de su auto autónomo. [2]

La ley de Nevada define que un vehículo autónomo es *“un vehículo motorizado que utiliza inteligencia artificial, sensores y sistemas de posicionamiento global (GPS), coordina a conducir por sí mismo sin la intervención activa de un operador humano.”* La ley también reconoce que el operador no tendrá que prestar atención cuando el vehículo está en funcionamiento en sí. Google había presionado más de una exención de la prohibición de la conducción distraída para permitir ocupantes para enviar mensajes de texto mientras se está sentado tras el volante, pero esto no se convirtió en ley. Además, las regulaciones de Nevada requieren que una persona detrás de la rueda y una en el asiento de pasajeros durante las pruebas. [2]

En mayo de 2012, el Departamento de Vehículos Motorizados de Nevada emitió la primera licencia para un vehículo automotor a un Toyota Prius modificado con la tecnología sin conductor experimental de Google. El Sistema autónomo de Google permite que un conductor humano pueda tomar el control del vehículo en cualquier momento, pisar el freno o girar la rueda. Las placas emitidas en Nevada para los coches autónomos tendrán un fondo rojo y disponen de un símbolo de infinito en el lado izquierdo, que de acuerdo con el Director del DMV *“era la mejor manera de representar el coche del futuro”*. [2]

El 20 de marzo de 2013, se presentó una enmienda a la ley, tocando los siguientes puntos: (1) incorporar y potencialmente modificar ciertas reglas promulgadas por el DMV, (2) se refiere a la responsabilidad del fabricante original de un vehículo en el que un tercero ha instalado tecnología autónoma, y (3) añádase *“excepto en caso de emergencia”* para la declaración *“que una persona no tiene la obligación de impulsar activamente un vehículo autónomo.”*[12]

El 1 de julio de 2012, Florida se convirtió en el segundo estado a reconocer la legalidad de los vehículos autónomos. La ley de Florida aclara que *“el Estado no prohíbe o específicamente regula la prueba o el funcionamiento de los vehículos autónomos en la vía pública.”* Además, especifica que *“la persona que posee una licencia de conducir válida puede operar un vehículo autónomo en modo autónomo”*. [12] [2]

El 25 de septiembre de 2012, el gobernador de California Jerry Brown firmó una ley que permite la legalización de autos autónomos en el estado de California, que también requiere que el Departamento de Vehículos Motorizados de California prepare un reglamento para el 2015. En California, la legislación propuesta requeriría que *“el conductor todavía tiene que sentarse detrás del volante en caso de que las funciones robóticas del coche de repente fallen y conductor real sea necesitado”*, lo que limita los beneficios que los coches autónomos podrían proporcionar a los conductores sin licencia. [2]

En febrero de 2013, el proyecto de ley propuesta por Colorado ha sido rechazada. Michigan aún sigue en sesión legislativa esperando que se apruebe su ley.

Otro que se suma a la lista es Nueva York, como explicó el senador estadounidense por Nueva York, Greg Ball, “el futuro ya está aquí”. Fue con esas palabras que presentó una legislación que permite a los autos autónomos recorrer las calles de la Gran Manzana con fines de prueba. Así se suman a los estados de California, Florida y Nevada, donde ya circulan. [13]

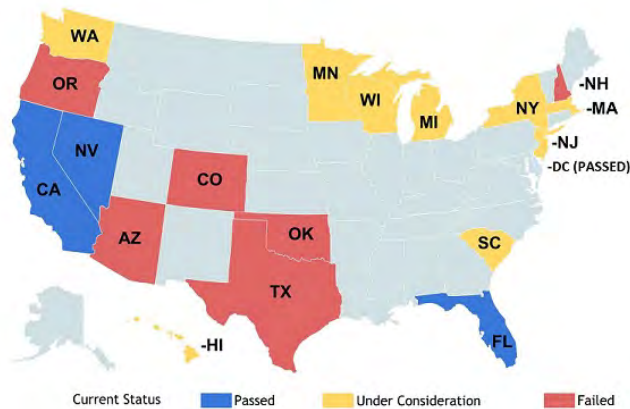


Figura 8. Las legislaturas de los siguientes estados están considerando o han considerado proyectos de ley relacionados con la conducción autónoma. Lo que está en azul son los estados en donde ya se han promulgado la ley, los amarillos están aún bajo consideración y los rojos, no han pasado las condiciones para su aprobación.

Cómo funcionan las leyes para autos autónomos. *“El Departamento de Vehículos Motorizados (DMV) debe elaborar normas para los vehículos de autoconducción.*

- *El Departamento de Vehículos Motorizados deberá establecer normas de seguridad para el inicio de 2015.*
- *Los fabricantes de automóviles deben tener sus autos autónomos aprobados por el DMV.*
- *Los conductores deben obtener un permiso especial del DMV para hacer funcionar los autos autónomos.*
- *Las personas deben sentarse al volante de los coches, en caso de que un verdadero conductor vivo se necesite.” [14]*

Un punto a aclarar es que aunque sean estos autos sean capaces de conducirse solos, requieren que exista una persona con una licencia de conducción. Es evidente que un auto autónomo también puede conducirse manualmente, pero si la idea es deshacerse del trabajo de conducir, ¿para que necesitar una licencia de conducción? Técnicamente es porque un coche de este tipo tiene que tener un responsable civil ante cualquier problema. Aunque no exista la intención de conducirlo manualmente, si algún fallo mecánico ocurre, alguien debe tomar el control. Para conducir por una carretera no preparada para este tipo de vehículos, por ejemplo, sería necesario conducirlo manualmente.

5. Estado del arte

5.1. Google's Driverless Car



La humanidad ha estado soñando con autos autónomos desde hace mucho tiempo. Y ahora una empresa se ha dedicado a liderar el esfuerzo. No cualquier compañía. Una grande. Google.

“La tecnología está en sus mejores cuando se hace que la vida de las personas sea mejor, y eso es precisamente lo que vamos a dar con nuestro proyecto de coche de auto-conducción. Estamos utilizando la informática avanzada para tratar de hacer la conducción más segura y más agradable”, escrito por el ingeniero de Google, Chris Umson, en su blog.[15]

“Incluso cuando estás en el auto, cualquier mañana, el auto sabrá dónde necesito ir (de mi Google Calendar), alertarme con anticipación si la ruta está congestionada (Google Traffic), sugerir rutas alternativas.” [16]

Este proyecto de google fue anunciado en octubre de 2010. El mismo implica el desarrollo de tecnología para los autos autónomos. Acargo del proyecto se encuentra Sebastian Thrun, ingeniero de Google y director del Laboratorio de Inteligencia Artificial de Standford, y coinventor del Google Street View. El equipo de Thrun, de Stanford, creó el vehículo robótico Stanley que ganó en 2005 el DARPA Gran Challenge junto con US\$2 millones como premio de parte del Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

El equipo de desarrollo, en el proyecto de Google, en su mayoría son los que en 2005 llevaron a Stanley al gran premio del DARPA Challenge.



Figura 9. Desde la izquierda: Presidente de Google Eric Schmidt; CEO Larry Page and co-fundador Sergey Brin in 2011 (Credit Google)

Opinión de los desarrolladores: *“Uno de los problemas en los cuales estamos trabajando hoy en día es en la eficiencia y seguridad del auto. Nuestro objetivo es ayudar a prever accidentes de tráfico, ayudar en los tiempos de las personas y reducir la emisión de carbono cambiando fundamentalmente el uso del auto”.* [11]

Características. El atractivo principal del auto de Google (aparte de la inteligencia artificial y la masiva cantidad de datos con que cuenta) es su láser Velodyne 64-beam range finder, el “corazón del sistema”, que se encuentra en el techo del Toyota Prius. (Ver Fig. 7 y Fig. 10). Este sistema lidar de Google incluye 64 unidades de sensores infrarrojos situados en la parte superior del coche, que cuesta alrededor de \$ 75.000. Gira sobre sí mismo 360° de manera permanente hasta a 900 vueltas por minuto para monitorizar todo el entorno del coche, con 1,3 millones de puntos por segundo.[17] [10]

El sistema de Inteligencia Artificial (IA) y los registros surgidos de las mediciones láser permiten crear un modelo 3D del mundo que lo rodea. La imagen 3D se combina con los mapas de alta resolución de Google que se encuentran programados en el auto (Fig. 11). De esto, se crean rutas que eviten obstáculos y que respeten las normas de tráfico. Todo ese análisis de esa

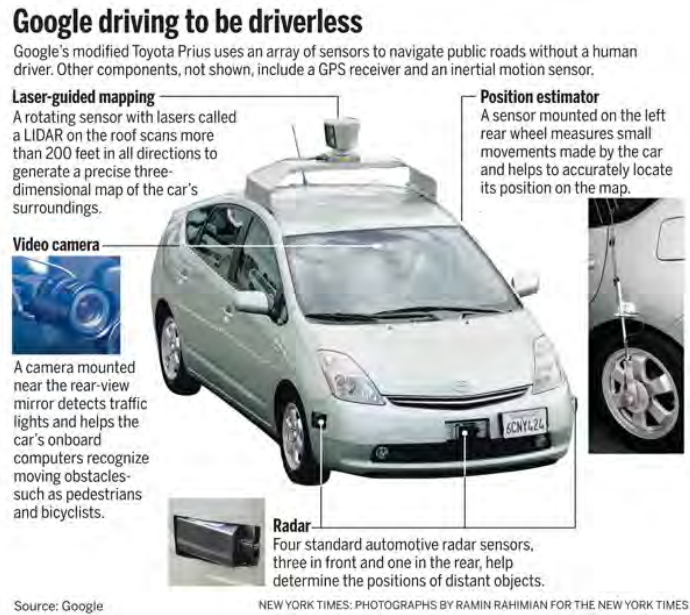


Figura 10. Vehículo autónomo de Google.

inmensa cantidad de datos para construir estos modelos, es posible gracias a los data center de Google, los cuales procesan estos datos.

Cuatro radares (tres en el paragolpe delantero: uno para el paragolpe frontal y los otros dos uno a cada lado, en las esquinas; el último va en el paragolpe trasero) se utilizan para dar al coche la visión de largo alcance para el manejo de altas velocidades en las autopistas. El delantero, entre otras cosas, por ejemplo mide la distancia de seguridad con el vehículo que le precede. Los de las esquinas supervisan los carriles laterales o los coches estacionados, mientras que el trasero hace las veces de espejo retrovisor y se emplea cuando se circula marcha atrás.[18]

Una cámara cerca del espejo retrovisor, en la parte alta del parabrisas, centrada, reconoce las señales de tráfico, los semáforos y las líneas de la calzada.

El GPS, una unidad de medición inercial ³ y un encoder ⁴ para las ruedas permiten seguir el paso donde el vehículo vaya, y otros sensores que mantienen el vehículo en el camino y le dotan de conocimiento de la situación de 360 grados. El GPS junto con los mapas de alta resolución, permiten obtener un nivel de precisión mayor, lo que permite asegurar la exactitud de estos autos.[2][18]

³ Esta unidad mide la aceleración y la velocidad angular mediante acelerómetros, giróscopos y magnetómetros. Es decir, se identifica con precisión hacia dónde se mueve el coche.

⁴ El encoder permite pasar la información obtenida de las ruedas y convertirlas en información útil para el auto

Hay un último elemento que también ayuda a que el auto autónomo de Google funcione tan bien por sí solo: al menos durante el período de pruebas, **todos los recorridos que hace el coche los han realizado al menos una vez antes los ingenieros.**[18]

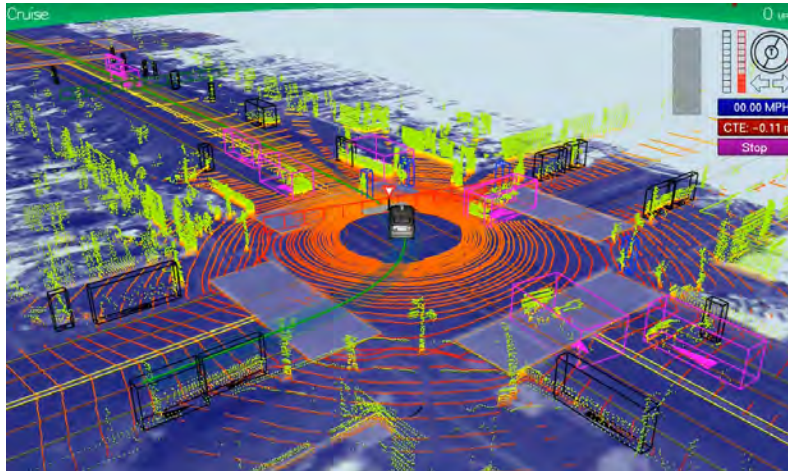


Figura 11. Mapa detallado en 3D del ambiente que rodea al auto, con todo tipo de objetos posicionados (peatones, otros vehículos, farolas, árboles, etc). Tiene un alcance de 50 m para el pavimento y de 120 m para coches y árboles. Recreado por la computadora a bordo mediante toda la información obtenida por sus sensores, GPS, lidar y toda la información con la que cuenta en su base de datos.

Procesamiento en la nube. Todos los datos se procesan por un computador, pero no solo el que va dentro del coche, que por cierto es bastante grande y va colocado en el maletero, en el asiento del copiloto solo va la pantalla. Se necesita una capacidad de computación muy elevada, y esa solo existe en la nube. El computador del coche tiene que acceder a internet para comunicarse con los servidores de Google para poder dar abasto. [18]

El software es uno de los puntos a los que Google más atención ha puesto. A parte del procesamiento masivo de información, esta IA tiene “temperamento”, es decir, ha sido programado para que sea extremadamente cortés con los demás vehículos, respetando estrictamente las normas de circulación y prestando especial atención acerca de los pasos de peatones. Pero lo que es aún más notable, es su capacidad de ser más “agresivo” cuando tiene que ser. Por ejemplo, es capaz de compensar cuando otros conductores no se adhieren exactamente a las normas de tránsito. En respuesta, el coche va a avanzar

lentamente hacia adelante en la intersección, señalando a los otros conductores de su intención.⁵

El acelerador, el freno y la dirección ya se pueden controlar de manera automática con electrónica, en el fondo no es algo tan nuevo, aunque todavía no se haya generalizado. Un sistema de control de velocidad de cruce y acelerador electrónico permite que el computador acelere el motor más o menos según su criterio. El sistema de frenos también se puede controlar con un accionador eléctrico, e igualmente la dirección, donde un motor eléctrico hace girar el volante tantos grados en uno u otro sentido. En los sistemas de precolisión y frenado automático, o en los sistemas de asistente de estacionamiento ya se implementan (aunque suelen ser equipamientos opcionales).[18]

Pruebas. *“Los vehículos han realizado más de 300.000 kilómetros de pruebas. Se han cubierto una amplia gama de condiciones de tráfico, y no ha habido un solo accidente bajo control de la computadora”,* Chris Umson ingeniero de Google. [15] Vale la aclaración dos cosas: primero, el total de kilometraje de prueba realizado ya llega a los 500.000 km en el transcurso del 2013; y lo segundo, que el auto de Google ya estuvo involucrado en un accidente, fue en un semáforo y fue embestido por atrás, por un vehículo. *“Google ha adaptado una flota de Toyota Prius y modelos de Audi TT para el proyecto, han recorrido más de 160000 millas con la intervención humana limitada y más de 1000 kilómetros sin intervención del conductor. El único accidente que se ha producido hasta el momento fue cuando uno de los coches (conducido en modo manual en esos momentos por una persona) fue chocado por detrás por un conductor en un semáforo.”*[10] Según plantearon los de Google, todo se trató de un error humano.

Google cree que la tecnología podría reducir en casi la mitad el número de muertes relacionadas con el automóvil porque las computadoras son supuestamente mejor en la conducción de los seres humanos en las circunstancias adecuadas.

Retos a lo que enfrenta

Nieve: Al transitar por las calles, los vehículos al igual que los humanos, hacen uso de sensores visuales. Pero una de las condiciones en las que los sensores de los vehículos llevan una desventaja o incorrecto funcionamiento son en situaciones climáticas como la nieve o fuertes tormentas, lo que significa un problema para Google, puesto que puede cubrir los marcadores de carril y otras señales visuales que necesita el vehículo para seguir conduciendo con seguridad. Esto tendría solución obviamente cuando se instale el ecosistema tecnológico adecuado en las ciudades, que permitan que las señales puedan ser detectadas por los sensores e intercambien información. [19]

⁵ Fuente: How Google's Self-Driving Car Works
<http://http://www.youtube.com/watch?v=YXylqtEQ0tk>

- **Nuevas rutas o cambios en las mismas:** una de las principales características y ventajas que poseen los autos autónomos de Google es que pueden acceder a toda la base de datos de Google Maps, el cual contiene todos los caminos, carreteras, autopistas y calles. Esto supone que el auto podría desplazarse sin mayores problemas con todo este conocimiento, sumado a toda la información que entra mediante su equipamiento y los cuales procesa. Pero, existe un problema o dificultad en el que el equipo de Google se encuentra trabajando. Cuando uno de estos autos de Google viene a través de un camino que aún no ha entrado a su sistema de mapas, se puede perder. La solución es complejizar y robustecer la inteligencia artificial del vehículo, de manera que en estas situaciones puedan ser capaces de aprender e improvisar soluciones, tal como lo haría una persona. [19]
- **Interpretando direcciones-señalizaciones humanas:** otra de las dificultades que presentan estos vehículos es el transitar por zonas donde el tráfico está siendo dirigida por un humano utilizando señales de mano, como un policía de tránsito haciendo desvíos, o en una zona de construcción en donde los mismos funcionarios pueden estar haciendo señas mientras mueven maquinaria pesada alertando a los conductores, y otras situaciones en donde surgen este tipo de situaciones de señalización improvisadas. [19] *“Estamos animados por el progreso, pero todavía hay un largo camino por delante. Para proporcionar la mejor experiencia que podamos, tendremos que dominar las carreteras cubiertas de nieve, interpretar las señales temporales de construcción y manejar otras situaciones difíciles con las que muchos conductores se encuentran. Como siguiente paso, los miembros del equipo del auto autónomo pronto comenzarán a usar el coches solos (en lugar de dos en dos), para cosas como ir al trabajo. Este es un hito importante, ya que posiciona, a esta tecnología, un paso más cerca de cada viajero. Un día esperamos que esta capacidad permita a la gente a ser más productiva en sus coches. Por ahora, los miembros del equipo permanecerán en los asientos del conductor y recuperarán el control si es necesario.”*, Chris Umson ingeniero de Google.[15]

Mucho del trabajo de Google para el correcto funcionamiento de sus autos ha sido una cuestión de diseñar los sensores para identificar las señales y combinar el “conocimiento” de los mapas y datos con la información que entra por los sensores. El problema está en la decodificación de la conducta humana y la ambigüedad en los gestos, y es una de las cuestiones que los ingenieros de Google deben superar antes que estos vehículos se consideren lo suficientemente seguros para entrar al mercado.

“Ninguno de estos problemas es insuperable”, dijo uno de los ingenieros tras una entrevista que le hicieron los de la revista Business Insider.[19] esperamos que sea así, de esa forma cada vez estarán más cercas de salir a circulación por nuestras calles.

Beneficios. La visión que tiene Google sobre los beneficios que traería esta nueva tecnología es muy prometedora. Según Sebastian Thrun, el desarrollador principal de este proyecto de Google, la tecnología de los autos autónomos puede salvar la vida de millones, y eliminar billones de dólares en costos (Fig. 12):
*“Podemos reducir accidentes de tráfico en un 90 %
 Podemos reducir el tiempo y energía perdido durante los viajes en un 90 %
 Podemos reducir el número de autos en un 90 %”*



Figura 12. Algunos beneficios de los autos autónomos, planteados por el equipo de desarrollo de Google.

5.2. Otros proyectos - Lanzamientos a futuro

- *“A parte de Google, otras compañías también están ocupadas testeando sus versiones de autos autónomos y sistemas relacionados. MIT y Volkswagen han colaborado para crear sistemas de navegación en 3D que puede ser integrado en el salpicadero de un coche. Ford ha estado probando gadgets para el coche que son activados por voz para su flota eléctrica. Siemens también está involucrado en la realización de ensayos para las estaciones de carga inalámbrica para el coche eléctrico. Autopia informa de que los coches del futuro podrían ser los que se podría “conducir con la mente””.*[10] [12]
- Platero: el coche del CSIC ⁶ que se conduce solo por Madrid. El CSIC, en España, también lleva un tiempo experimentando con este tipo de

⁶ CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas)

vehículos dentro del programa Autopía, y hasta se ha probado el año pasado por las carreteras de Madrid uno de los prototipos llamado Platero. *“El computador que va en el maletero del coche es la base del sistema de control del sistema de conducción autónoma, y utiliza una estrategia de control basada en la lógica borrosa que permite simular el comportamiento de un conductor humano. Es fundamental el sistema de navegación y posicionamiento DGPS, GPS diferencial, con una precisión de 0,5 m. Este se tiene que complementar para mayor precisión con un sistema de radio con el que recibir correcciones diferenciales, o bien con un sistema de comunicación inalámbrica local Ethernet, con la misma función. Se consigue una precisión de centímetro.*

Este sistema inalámbrico de comunicación entre vehículos también permite conocer la posición de los coches que están en las cercanías, y que estén equipados con el sistema, muy al estilo CarToCar o SARTRE. Esta fue la función desempeñada por el coche guía que iba delante (y que sí llevaba conductor). Recientemente se le ha incorporado un sistema de visión artificial realizado por la Universidad de Alcalá de Henares que reconoce la calzada y los obstáculos en ella situados. Estos coches funcionan de manera autónoma especificándoseles un trayecto como una sucesión de calles.

Se ha tenido que emplear un coche guía porque los mapas de los navegadores GPS actuales no tienen la suficiente precisión ni están totalmente actualizados en términos de desvíos y accidentes. Como se iba a circular por carreteras con tráfico real era mejor prevenir que lamentar. (...) El coche autónomo no imita los movimientos del vehículo guía que le sirve de referencia, sino que recibe su información y actúa en consecuencia de acuerdo a su programación en lógica borrosa.”[22] (Fig. 13)



Figura 13. Platero.

- Lexus ha presentado en el CES su prototipo de coche autónomo. *“es solo un vehículo de investigación. Toyota ha utilizado un Lexus LS 600h para equiparlo con un computador y los diferentes sistemas de detección que permiten la conducción autónoma, con el objetivo de mejorar la seguridad*

de la conducción y reducir los accidentes de tráfico. El fin es demostrar la viabilidad de los sistemas automáticos como elementos de seguridad, ya que Toyota y Lexus no tienen tanto en mente el hecho de que el coche se conduzca por sí solo sin conductor, sino mejorar las capacidades del conductor al volante.

(...) Toyota y Lexus consideran que todas estas tecnologías se deben traducir en una especie de copiloto siempre atento que ayuda al conductor o actúa si este tiene un problema o comete un descuido o un error. De manera indirecta resulta que esas tecnologías conducen a un coche autónomo, pero insisten en que creen que el conductor debe permanecer siempre involucrado en la conducción.” [23](Fig. 14)



Figura 14. Toyota ha utilizado un Lexus LS 600h para equiparlo con un computador y los diferentes sistemas de detección que permiten la conducción autónoma.

- El MIT investiga con un copiloto virtual que solo actúa ante posibles accidentes.

“La novedad reside en el plano de ejecución que otorga al sistema plena libertad para actuar y evitar la colisión que ha entendido que puede llegar a pasar. Su principal carta de presentación es que no pretende sustituir al conductor, solo pretende evitar las situaciones que por infinidad de razones, el propio conductor no es capaz de actuar a tiempo o de la forma correcta. (...) La tecnología se basa en dispositivos cada vez más habituales en los coches modernos. Una cámara de vídeo y un radar a través de haz láser son los encargados de analizar todo cuanto sucede por delante de nuestro vehículo. A través de un ordenador se recogen todas las señales e imágenes y se evalúan las posibles amenazas en forma de obstáculos u objetos dentro del campo de medición, realizando una maniobra evasiva para evitar la colisión con el elemento detectado.” [24] (Fig. 15)
- El fabricante premium norteamericano, Cadillac, está llevando a cabo los primeros ensayos sobre la que pretende ser su primera incursión en la conducción autónoma. “(...)la filial de General Motors especifica que su desarrollo pretende postularse como un conglomerado de asistencias que en



Figura 15. Prototipo de prueba para copiloto virtual desarrollado por el MIT.

funcionamiento conjunto ofrecen una conducción semi-autónoma en nuestro vehículo, haciendo de ciertos recorridos un mero trámite para nuestro uso habitual. Aunque Cadillac habla de un nuevo sistema de conducción, la verdadera novedad reside en el funcionamiento conjunto de todas y cada unas de las tecnologías que equipan muchos vehículos hoy en día. La idea del fabricante es establecer un parámetro de análisis alrededor de nuestro vehículo, recopilando datos en tiempo real para afrontar cualquier trayecto sin necesitar de la intervención del conductor en una amplia gama de posibles situaciones.

(...) las principales fuentes de donde se obtiene la información son el radar de proximidad, los sensores de Ultrasonios, la señal de posicionamiento GPS y las cámaras de vídeo capaces de ofrecer una visión exterior de 360 grados. Estos elementos forman la base de las tecnologías que ofrecen la mayoría de vehículos nuevos: asistentes de aparcamiento, función de frenado automático, control activo de crucero, navegación por GPS, sistemas precolisión, etc. Según Cadillac la amplia mayoría de tecnologías que emplea el Super Cruise ya forman parte de sus últimos modelos, por lo que el siguiente paso lógico es la implantación de una herramienta capaz de recopilar los datos, imágenes y referencias de cada uno de los sistemas, para así ofrecer la denominada conducción semi-autónoma.” [25]

- En el 2014, BMW i3 tendrá dirección autónoma, acelerar/frenar en los atascos de tráfico, de hasta 40 km por hora. [2]
- En 2014, Volvo espera que los vehículos que pueden ser autónomos de hasta 50 km/h, con la expectativa de ser usado en tráfico pesado. [2]
- En 2015, Nissan espera que los vehículos con dirección autónoma, frenado, guía de carril, acelerador, cambio de marchas, y, según lo permitido por la ley, auto-aparcamiento sin ocupantes, después que los pasajeros hayan salido. [2]
- En 2016, Tesla espera desarrollar tecnología que pueda manejar por sí misma 90 % del tiempo. [2]
- En 2016, Mobileye esperar liberar su tecnología de autos completamente autónomos. [2]

- En 2018, Google espera lanzar su tecnología coche autónomo. [2]
- En 2020, GM, Audi, Nissan y BMW todos esperan comercializar sus autos autónomos. [2]

Nuevas Tecnologías.

- El avance de la tecnología permitiría colocar chips a los autos que permitan comunicarse entre sí, y con su entorno, simulando un gran organismo de información viva...todo esto es factible realizarlo, y un gran paso es empezar a ver a estos coches por nuestras calles. Comunicación entre los vehículos, con el ambiente.[5] [2]
- *“Smartphones sobre ruedas”*. General Motors estaría lanzando autos 4G en el 2014. *“La compañía anunció esta semana que la mayoría de sus modelos 2015 Chevrolet, Buick, GMC y Cadillac vendrá con incrustado 4G LTE de banda ancha móvil. El servicio estará disponible en los Estados Unidos y Canadá, a través de AT & T, en 2014.”*[20]
- Audi dice que puede haber autos autónomos en el mercado para el 2015, pero solo si los conductores lo desean y están preparados para pagar por ellos. La compañía dice que la tecnología será capaz de acelerar, dirigir y frenar el coche en atascos de tráfico ya a velocidades más bajas. Y dentro de unos años se contará con la tecnología para estacionar remotamente tu auto usando una app en la Tablet o el Smartphone.[21]
- Audi y Volvo, por ejemplo, ya han presentado sus autos que se estacionan solos. En el caso de Volvo, el vehículo avisa dónde se estacionó enviando un SMS al conductor y este, luego, puede llamarlo para que lo pase a buscar.[13]
- Bosch desarrolla cámaras 3D y un nuevo radar para alertarnos sobre nuestro entorno. *“El fabricante Bosch actualiza su gama de tecnologías relacionadas con la seguridad y la gestión de la proximidad para presentar un nuevo radar de largo alcance y un sistema de visión en 3D basado en una cámara estereoscópica. Con estos nuevos componentes se pretende aumentar el alcance de análisis, así como multiplicar las posibilidades de análisis incrementando la precisión del sistema a la hora de definir objetos y actuación.*
El interés de Bosch en este campo es la implantación de un sistema automático capaz de actuar de manera autónoma ante una situación que previamente ha sido valorada como riesgo de colisión o atropello.” (Fig. 16) [26]
- Volvo se ha convertido en una de las marcas que mayor interés y recursos está destinando a la evolución de los sistemas de asistencia a la conducción. *“Su incursión dentro de estas nuevas tecnologías íntimamente relacionadas con la seguridad, se dio a conocer con la llegada del sistema City Safety en Julio de 2010, el cual se basa en un radar capaz de detectar un obstáculo por delante del morro de nuestro vehículo, evaluando el riesgo de colisión con éste. Si el conductor no realiza ningún tipo de maniobra evasiva o pisa el freno para evitar el choque, el sistema se encarga de frenar el vehículo para evitar la colisión con el objeto. Así es como empezó todo en este apuesta*

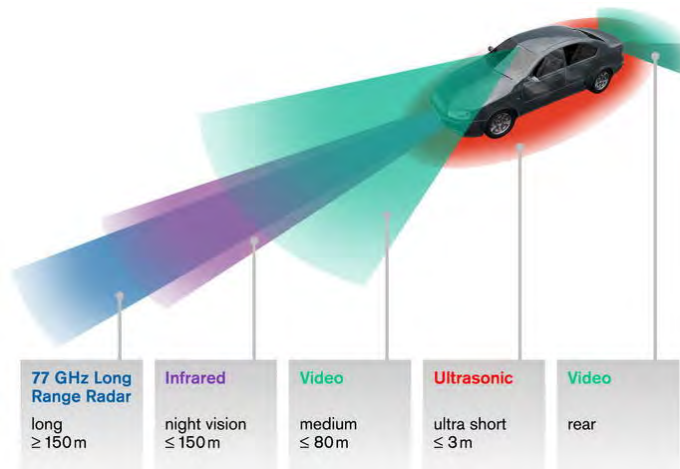


Figura 16. Tecnología empleada para la visión del auto, según la distancia que se desee alcanzar. El nuevo radar de largo alcance es utilizado para “ver” a distancias mayores que 150m.

tecnológica firmada por Volvo.” [27]

Tecnologías empleadas:

- Conducción autónoma en situaciones de atasco: *“La cámara de visión delantera y sensores del radar ayudarán al sistema gobernar el vehículo de manera automática a bajas velocidades. Un punto a favor de esta tecnología de Volvo que sobresale sobre el resto de fabricantes es su aplicación sobre el volante ya que, además de acelerador, frenos, transmisión y motor, la dirección también podrá ser gobernada para evitar obstáculos en la carretera o pequeñas variaciones de la calzada mientras salimos de la congestión.” [27]*
- Frenada automática en intersecciones: *“El sistema de Volvo, mediante una zona de 80 metros por delante del vehículo, es capaz de reconocer cualquier intromisión dentro del campo de evaluación del radar. De este modo, al indicar con el intermitente nuestro sentido de giro, si dentro del campo de visión del radar se interpone cualquier vehículo, el coche se detendrá de manera rápida para evitar la colisión.” [27]*
- Detección de colisión con animales salvajes: *“La aplicación del sistema se basa en la tecnología de detección de peatones a bajas velocidades, solo que en este caso el rango de detección se eleva hasta los 30 metros por delante del vehículo y enfatiza su utilidad tanto de día como de noche. Un dato que revela Volvo como vital en esta tecnología es conseguir reducir la velocidad en el momento de la detección hasta los 80 Km/h, velocidad en la cual es más probable que todos los sistemas de seguridad activa funcionen correctamente y puedan evitar con total garantía la colisión con el animal.” [27]*

Volvo ha introducido otra tecnología, la tecnología City Safety para evitar las colisiones por alcance que se producen a velocidades bajas por falta de tiempo de reacción ante la acción de frenado del vehículo que nos antecede. *“Volvo City Safety llega a los modelos de la marca como una herramienta para la seguridad activa velando por nuestra integridad. Su capacidad de análisis y reacción pretenden evitar que, la falta de respuesta por parte del conductor ante una frenazo del vehículo anterior, desemboque en un accidente con secuelas de tipo físico para los conductores...”* [28]

Cómo funciona la tecnología. *“Volvo ha instalado un haz láser en el parabrisas a la altura del espejo retrovisor, mediante el cual se define en tiempo real la distancia que nos separa con el vehículo precedente hasta un máximo de 6 metros de distancia. Si el haz láser se ve interrumpido por la aparición súbita de un vehículo mientras nuestro vehículo mantiene una velocidad por debajo de los 50 Km/h, el sistema será capaz de precargar los frenos y llegar a actuar sobre ellos para evitar, o minimizar en el peor de los casos, la colisión por alcance con el vehículo situado por delante de nosotros.”* [28] (Fig. 17)



Figura 17. Volvo City Safety. Su capacidad de análisis y reacción pretenden evitar que, la falta de respuesta por parte del conductor ante una frenazo del vehículo anterior, desemboque en un accidente con secuelas físicas para los conductores.

- Subaru ha diseñado su propio sistema de asistencia a la conducción, Subaru EyeSight, eludiendo la masificación de componentes para, a través de una cámara de visión estereoscópica 3D, analizar, evaluar y ejecutar cualquier acción sobre frenos y acelerador que pueda evitar que nuestro vehículo colisione con un objeto, peatón o vehículo que se encuentra en nuestro camino. *“La popularización de las asistencias de seguridad están mostrando nuevas formas de evitar colisiones e impactos habituales por despistes, faltas de atención o por descenso en la capacidad de concentración, por lo que este tipo de tecnologías que velan en segundo plano por nuestra conducción se han convertido en un importante valor añadido*

en los últimos lanzamientos.” [29]

Cómo funciona el sistema. *“El fabricante Subaru ha optado por simplificar al máximo la presencia de sensores, cámaras y demás elementos de análisis. Una doble cámara situada en la zona donde se asienta el espejo retrovisor se encarga de recoger imágenes en tres dimensiones, pudiendo ser tratadas mediante un computador que es capaz de reconocer y diferenciar los objetos que se encuentran en nuestro camino. (...) Esta tecnología permite otros extras como son el control de crucero automático, el aviso de cambio de carril, el control electrónico de acelerador para mantener la velocidad, la alerta para continuar una vez el vehículo precedente vuelve a circular, etc. El principio de funcionamiento se basa en el reconocimiento y alerta del conductor de que un impacto puede ser inminente, añadiendo la función de freno automático en última necesidad.”* [29] (Fig. 18)



Figura 18. Subaru EyeSight. Un vehículo estacionado o que frena de manera súbita sin que nos percatemos de ello, será detectado por el sistema comenzando en ese momento una serie de alertas al conductor para que tome el control de la situación, y llegando a frenar el vehículo de manera automática si las alertas no se traducen en ninguna respuesta del conductor.

- El fabricante Fujitsu ha desarrollado una tecnología de radar capaz de identificar y advertir sobre objetos estáticos o móviles que se encuentran ocultos tras una barrea física o no son reconocidos por falta de visibilidad. *“Según afirma el fabricante, además de la virtud para poder alcanzar objetos más allá de un campo determinado, cabe destacar la capacidad de reconocimiento y diferenciación entre los distintos elementos que sean recogidos. Fujitsu afirma que la tecnología será capaz de reconocer entre animales, personas u objetos móviles e inmóviles para proceder a alertar al conductor mediante un aviso acústico. **Fujitsu pretende poner en el mercado este nuevo sistema de radar para el año 2014**, momento en el cual podrá añadirse e incluso sustituir a los sistemas actuales de detección nocturna basados en cámaras infrarrojas. Aún así la tecnología propuesta por Fujitsu representa un sustancial avance dada su capacidad para ver más allá de manera literal, por lo que posiblemente con su uso se*

puedan prescindir de otras tecnologías que hoy en día se emplean para fines similares.” [30]

- El modelo 2014 Mercedes S-Class tendrá frenado autónomo, guía de carril, accident avoidance, detector de fatiga de los conductores, a velocidades de hasta 200 kilómetros por hora. *“La tecnología de conducción autónoma que emplea el nuevo Mercedes Clase S en estos momentos permite ofrecer un sistema de conducción pilotada para atascos donde el vehículo es capaz de avanzar y detenerse de forma automática hasta 50 Km/h, pudiendo efectuar correcciones sobre la dirección para mantener la trayectoria. Esta tecnología es el primer paso de la conducción autónoma a nivel comercial, motivo por el cual Mercedes-Benz fija en 2020 la adopción de sistemas que ofrezcan conducción plenamente autónoma.*

A grandes rasgos, un sistema de radar de largo alcance, cámaras de vídeo convencionales y cámaras de vídeo estereoscópicas (3D) son las herramientas que permiten al Mercedes Clase S conducirse por sí solo. Un perímetro de hasta 200 metros por delante de la zona frontal y trasera y hasta 80 metros en la vista lateral es el campo de análisis de estos sensores para determinar todo cuanto sucede alrededor del vehículo, dejando en manos de un módulo de gestión la tarea de identificar y actuar en consecuencia.” [31]

Otras tecnologías empleadas en el Mercedes Clase S:

- *Visión nocturna con detección de peatones y animales: “una nueva evolución de su tecnología de visión nocturna mediante cámara infrarroja que añade a partir de ahora la capacidad para detectar a animales y peatones. (...) La principal lucha de este sistema está en ofrecer un campo de visión mejorado en aquellas zonas de escasa iluminación o déficit de definición por la influencia de factores externos.” [32]*

Cómo funciona. “Si el sistema detecta que un peatón que pretende atravesar nuestra trayectoria o se encuentra muy cercano a nuestro sentido, el sistema procederá a alertar al peatón mediante un haz de luz proyectado desde los faros delanteros. En caso de detectar una posible colisión, entrará en funcionamiento la tecnología de asistencia a la frenada de emergencia que procederá a evaluar el riesgo y actuará en consecuencia para detener el vehículo y evitar el atropello.”[32]

- *Mercedes Cross Traffic Assist, la frenada más inteligente: “permite detectar de forma autónoma cualquier riesgo de colisión con peatones, ciclistas o vehículos que penetren en un campo de análisis por delante del vehículo con un alcance de hasta 200 metros. (...) el sistema es capaz de detectar cualquier intromisión en el campo de análisis para, a través del software de gestión, determinar que existe un posible riesgo de atropello o colisión.” [33]*

Cómo funciona. “En el caso de que sea detectado un posible riesgo de atropello o colisión, la tecnología Mercedes Cross Traffic Assist alertará al conductor a través de diferentes avisos visuales y acústicos. En caso de que el conductor no efectúe ninguna acción correctora

para evitar el suceso, el sistema procederá a realizar una frenada automática de emergencia.” [33]

- Mercedes Magic Body Control: la suspensión que lee la carretera: *“se trata de un sistema de control de suspensión capaz de predecir las irregularidades de la carretera al ser detectadas por un cámara estereoscópica instalada en el parabrisas. Se trata de una función que mejorará el confort y la estabilidad de la berlina premium gracias a un análisis completo del estado de la carretera para adaptar en tiempo real el comportamiento de la suspensión.”[34]*
- Nissan con su prototipo NSC-2015 llega hasta el aparcamiento autónomo. *“(...) reconoce el terreno y lo compara con los datos que recibe, ya sea por GPS o por la red cuando no hay posibilidad de ver el satélite, como ocurre dentro de un aparcamiento cubierto. En esas circunstancias, el NSC-2015 se comunica con la infraestructura por medio de comunicaciones 4G. Y todo va controlado por el conductor a través de su smartphome. En la carrocería del coche, cuatro cámaras de alta resolución que abarcan un ángulo de visión conjunto de 360º monitorizan los alrededores para evitar colisiones. Y emplazados en el maletero, dos ordenadores y una montonera de cables sirven para gestionar los movimientos del coche, que busca un hueco en el parking, aparca y desaparca él solito.” [35]*
- Audi y su sistema: Audi Garage Parking Pilot, aparcando el coche con el móvil. *“La idea es emplear el sistema automático en garajes subterráneos y, en general, donde la maniobra no permite demasiados disfrutes. Pero la idea va mucho más allá, y contempla el uso de infraestructuras que, en comunicación con el coche, lo guíen hasta que él solito se aparque en el lugar más conveniente. Y lo que ocurre es que el centro de control instalado en el parking se pone en contacto con el coche por medio de una red inalámbrica y le pide datos relativos a las dimensiones del vehículo, localiza la plaza más cercana que pueda servirle y le da los datos de navegación para llegar hasta ella. (...) La automatización del proceso es total.” [36]*
- Volkswagen y su sistema HAVEit, el sistema de piloto automático temporal. *“Funcionando en autopistas hasta una velocidad de 130 km/h, HAVEit contará con un sistema de control de cruce adaptativo, sensor de cambio de carril, reconocimiento de señales y frenado automático. Las posibilidades del sistema funcionarán mediante varios tipos de sensores como un radar que medirá las distancia y velocidades, sensores de ultrasonido, escáner láser, horizonte eléctrico y una cámara que reconocerá objetos estáticos y en movimiento. Toda la información recogida durante los trayectos irá a parar a un ordenador central que se encargará de unificar los datos para que el vehículo conduzca de forma autónoma, midiendo la distancia de seguridad, tomando las curvas haciendo uso del freno y el acelerador, reconociendo las señales para escoger la velocidad adecuada en cada tramo y realizando frenadas de emergencia si fuese preciso.” [37]*

6. Conclusión

No cabe duda que el futuro del transporte terrestre se encuentra en los autos autónomos, y a su llegada, se espera un impacto en la sociedad muy grande; pero dentro de todo, los beneficios que nos proporcionarán valdrá la pena toda esta revolución tecnológica.

Hay cuestiones legales y éticas que aún necesitan trabajarse, los cuales frenan un poco ese frenesí por estos autos autónomos. Pero muchas empresas ya están con sus prototipos, probando nuevas tecnologías, mejorando y perfeccionando el sistema, de manera a facilitar y demostrar la seguridad, confianza y precisión que estos sistemas pueden brindar, y de esa manera que cada vez más ciudades permitan legalmente la circulación de estos autos. Hasta ahora Nevada, California y Florida ya permiten su circulación.

La carrera por convertirse en el pionero de los autos autónomos es una actualidad para todas las megaempresas automovilísticas, los cuales van adaptando a sus nuevos modelos de autos sus nuevos sistemas de conducción autónoma. Muchos ya tienen una fecha objetivo para el lanzamiento de sus autos autónomos, pero una empresa intrusa (no del área automotor) se ha interesado y ha pasos agigantados está tomando la posta en la carrera, poniendo en apuros a las demás compañías. Google. Este gigante ha demostrado tener ya en concreto un sistema de autos autónomos muy robusto, no perfecto, pero que se va mejorando y perfeccionando.

No importa quién sea el primero, pero esta competencia tecnológica entre las compañías está permitiéndonos soñar que cada vez estamos más cerca de ver a estos autos por las calles. La sociedad, las personas (jóvenes, adultos, personas con capacidades diferentes...todos) serán los beneficiados : menos accidentes, aprovechar mejor el tiempo, libertad para movilizarnos de un lugar a otro... las ciudades se transformarán, el ambiente deberá adaptarse a estas nuevas tecnologías.

Un futuro aún incierto nos espera, pero se puede decir que estamos mirando el inicio, y lo que se deduce a dónde nos llevará, es genial.

Referencias

1. <http://blogthinkbig.com/historia-de-los-coches-autonomos/>: (La desconocida historia de los coches autónomos)
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Autonomous_car: (Autonomous car)
3. http://en.wikipedia.org/wiki/EUREKA_Prometheus_Project: (Eureka prometheus project)
4. <http://en.wikipedia.org/wiki/VaMP>: (Vamp)
5. <http://www.autonomoucars.com/>: (An in depth analysis of autonomous cars)
6. <http://en.wikipedia.org/wiki/Radar>: (Radar)
7. <http://www.tecmovivia.com/2012/08/12/la-ue-quiere-que-en-2013-todos-los-coches-tengan-un-sistema-de-frenado-autonomo-aeb/>: (La ue quiere que en 2013 todos los coches tengan un sistema de frenado autónomo aeb)
8. http://en.wikipedia.org/wiki/Adaptive_cruise_control: (Adaptive cruise control)
9. http://en.wikipedia.org/wiki/Lane_departure_warning_system: (Lane departure warning system)
10. <http://arabiangazette.com/google-scores-win/>: (Google scores yet another win)
11. <http://www.pbs.org/newshour/extra/2013/05/are-we-ready-for-driverless-cars/>: (Are we ready for driverless cars?)
12. http://cyberlaw.stanford.edu/wiki/index.php/Automated_Driving:_Legislative_and_Regulatory_Action: (Automated driving: Legislative and regulatory action)
13. <http://www.cromo.com.uy/2013/07/autos-que-no-te-necesitan/>: (Autos que no te necesitan)
14. http://www.mercurynews.com/cars/ci_21630490/googles-sergey-brin-joins-california-gov-jerry-brown: (Google's sergey brin joins california gov. jerry brown as he signs new driverless car law)
15. <http://googleblog.blogspot.hu/2012/08/the-self-driving-car-logs-more-miles-on.html>: (The self-driving car logs more miles on new wheels)
16. <http://www.forbes.com/sites/mahendraramsinghani/2013/05/20/forget-google-glass-i-want-a-google-car/>: (Forget google glass, i want a google car)
17. Pinto, C.: How autonomous vehicle policy in california and nevada addresses technological and non-technological liabilities. **5**(1) (2012) 16
18. <http://www.motorpasionfuturo.com/coches-del-futuro/como-funciona-el-coche-autonomo-de-google>: (Cómo funciona el coche autónomo de google)
19. <http://www.businessinsider.com/google-self-driving-car-problems-2013-3>: (Here are some of the problems google is having with its self-driving cars)
20. <http://www.smartplanet.com/blog/bulletin/gm-is-launching-4g-cars-in-2014/13724>: (Gm is launching 4g cars in 2014)
21. <http://news.drive.com.au/drive/motor-news/driverless-cars-possible-by-2015-20130313-2fz96.html>: (Driverless cars possible by 2015)
22. <http://www.motorpasionfuturo.com/equipamiento-avanzado-gadgets/platero-el-coche-del-csic-que-se-conduce-solo>: (Platero: el coche del csic que se conduce solo (por madrid))
23. <http://www.motorpasionfuturo.com/ayudas-a-la-conduccion/lexus-ha-presentado-en-el-ces-su-prototipo-de-coche-autonomo>: (Lexus ha presentado en el ces su prototipo de coche autónomo)

24. <http://www.tecmovia.com/2012/07/16/el-mit-investiga-con-un-copiloto-virtual-que-solo-actua-ante-posibles-accidentes/>: (El mit investiga con un copiloto virtual que solo actúa ante posibles accidentes)
25. <http://www.tecmovia.com/2012/04/20/cadillac-super-cruise-conduccion-semi-autonoma-como-equipamiento-de-serie/>: (Cadillac super cruise: conducción semiautónoma como equipamiento de serie)
26. <http://www.tecmovia.com/2012/10/30/bosch-desarrolla-cameras-3d-y-un-nuevo-radar-para-alertarnos-sobre-nuestro-entorno/>: (Bosch desarrolla cámaras 3d y un nuevo radar para alertarnos sobre nuestro entorno)
27. <http://www.tecmovia.com/2012/07/10/volvo-nos-presenta-sus-nuevos-avances-en-seguridad-y-conduccion-autonoma/>: (Volvo nos presenta sus nuevos avances en seguridad y conducción autónoma)
28. <http://www.tecmovia.com/2012/10/30/volvo-city-safety-evitando-la-colision-por-alcance-laboratorio-tecmovia/>: (Volvo city safety, evitando la colisión por alcance)
29. <http://www.tecmovia.com/2012/09/03/subaru-eyesight-seguridad-en-la-conduccion-gracias-a-una-camara-3d-laboratorio-tecmovia/>: (Subaru eyesight: seguridad en la conducción gracias a una cámara 3d)
30. <http://www.tecmovia.com/2012/10/29/fujitsu-desarrolla-un-radar-para-evitar-sorpresas-por-falta-de-visibilidad/>: (Fujitsu desarrolla un radar para evitar sorpresas por falta de visibilidad)
31. <http://www.tecmovia.com/2013/09/11/mercedes-intelligent-drive-el-programa-de-conduccion-autonoma-que-transformara-el-automovil/>: (Mercedes intelligent drive: el programa de conducción autónoma que transformará el automóvil)
32. <http://www.tecmovia.com/2013/05/18/mercedes-clase-s-vision-nocturna-con-deteccion-de-peatones-y-animales-laboratorio-tecmovia/>: (Mercedes clase s: visión nocturna con detección de peatones y animales)
33. <http://www.tecmovia.com/2013/09/09/mercedes-cross-traffic-assist-la-frenada-mas-inteligente-laboratorio-tecmovia/>: (Mercedes cross traffic assist, la frenada más inteligente)
34. <http://www.tecmovia.com/2013/05/17/mercedes-magic-body-control-la-suspension-que-lee-la-carretera-laboratorio-tecmovia/>: (Mercedes magic body control: la suspensión que lee la carretera)
35. <http://www.motorpasionfuturo.com/ayudas-a-la-conduccion/nsc-2015-nissan-se-apunta-a-la-conduccion-autonoma/>: (Nsc-2015: Nissan se apunta a la conducción autónoma)
36. <http://www.motorpasionfuturo.com/ayudas-a-la-conduccion/audi-garage-parking-pilot-aparcando-el-coche-con-el-movil/>: (Audi garage parking pilot, aparcando el coche con el móvil)
37. <http://www.motorpasionfuturo.com/ayudas-a-la-conduccion/haveit-volkswagen-crea-el-sistema-de-piloto-automatico-temporal/>: (Haveit, volkswagen crea el sistema de piloto automático temporal)