

Robots Móviles

Evolución temporal de vehículos autónomos

Trabajo de teoría

Realizado por:
Sergio Lillo Cañizares

Curso 2021-2022

1. INTRODUCCIÓN	3
2. NIVELES DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA	4
2.1. Nivel 0: No hay automoción de la conducción	5
2.2. Nivel 1: Asistencia a la conducción	6
2.3. Nivel 2: Automatización parcial de la conducción	6
2.4. Nivel 3: Automatización condicionada de la conducción	8
2.5. Nivel 4: Automatización elevada de la conducción	10
2.6. Nivel 5: Automatización completa de la conducción	12
3. BIBLIOGRAFÍA	14

1. INTRODUCCIÓN

En este documento se pretende abordar un enfoque global sobre la inculcación de los cada vez más famosos, vehículos autónomos, en nuestras vidas. Para ello, se definirán cuáles son los métodos con los que se clasifica un vehículo autónomo y la forma en la que estos han ido apareciendo en el mercado a lo largo del tiempo. Además se verá cómo se está desarrollando la investigación en éste ámbito en la actualidad, así como una perspectiva futura del uso de este tipo de vehículos.

Para ello, es necesario definir el concepto de vehículo autónomo. Un vehículo autónomo es un automóvil capaz de realizar determinadas tareas, en cuanto a la conducción se refiere, entre un punto de origen y un destino sin la necesidad de ningún tipo de intervención humana. Para ello, es fundamental la implementación tanto de hardware como de software que permita al vehículo reconocer el entorno que le rodea. Como por ejemplo, calcular distancias, detectar e identificar objetos o analizar la situación del tráfico, y poder actuar en consecuencia sobre la dirección, acelerador o frenos, así como advertir al conductor en caso de detectar riesgos que requieran su intervención.

2. NIVELES DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA

El primer organismo que realizó una clasificación de diferentes niveles de conducción autónoma fue en 2013 la Administración Nacional de Seguridad de Tráfico en las Carreteras de Estados Unidos (NHTSA, por sus siglas en inglés). La NHTSA creó una escala con cinco niveles de automatización, de 0 a 4, centrándose únicamente en las capacidades del vehículo para conducirse por sí mismo, con el objetivo de que la Administración pudiese basarse en unos estándares para poder legislar de manera objetiva. Pero no fue hasta 2014, un año más tarde, cuando la SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices) realizó su propia clasificación recogida en el estándar SAE J3016 y que la mayoría de las organizaciones han acabado

adoptando debido fundamentalmente a su gran carácter generalista, como la propia NHTSA, abandonando la suya propia, o la OICA (Organización Internacional de constructores de Automóviles).

El estándar J3016 puntuiza la existencia de tres actores primarios en un vehículo autónomo, y los diferentes niveles se establecen en relación al papel que tienen cada uno de estos durante la conducción:

- **Conductor.**
- **Sistema de conducción autónoma.**
- **Resto del coche,**

Además de establecer cuatro aspectos fundamentales:

- Quién se encarga del movimiento del vehículo, diferenciando entre movimiento longitudinal (acelerador y freno) y movimiento lateral (dirección).
- Quién se encarga de la detección y respuesta ante objetos y eventualidades.
- Quién se encarga del respaldo a la conducción o lo que es lo mismo, quién actúa en situaciones de emergencia.
- Limitación del sistema de conducción autónoma a ciertas condiciones específicas, como por ejemplo la velocidad, iluminación, estado de la carretera, tráfico o climatología.

Y por último se diferencian los diferentes usuarios que pueden ir dentro de un vehículo:

- **Conductor**, persona que realiza en tiempo real las tareas de conducción.
- **Pasajero**, persona sin ningún papel en la conducción.
- **Usuario preparado para intervenir**, persona que debe estar preparada para coger los mandos de vehículo inmediatamente en caso de fallo del sistema de conducción autónomo.
- **Gestor**, persona que verifica que el sistema está en condiciones correctas para funcionar y que como mucho enciende y apaga el sistema y programa la ruta en el sistema de navegación.

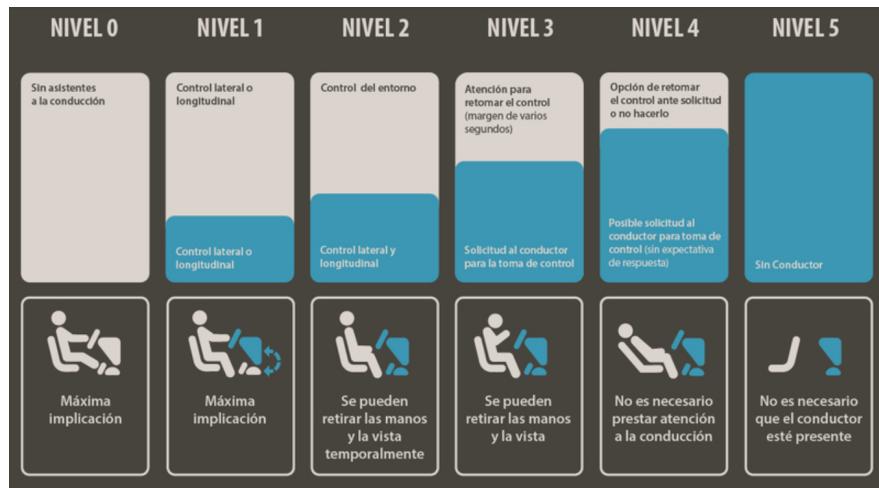


Figura 1: Esquema ilustrativo de los seis niveles de conducción autónoma según el estándar J3016

2.1. Nivel 0: No hay automoción de la conducción

Pertenecen a este nivel todos aquellos coches que se conducen de forma convencional sin ningún tipo de sistema de asistencia a la conducción. Además, también se incluyen en el nivel 0 de automatización los vehículos que también cuentan con un sistema de control de velocidad crucero o frenado autónomo de emergencia.

2.2. Nivel 1: Asistencia a la conducción

Entran en este nivel todos los coches que cuentan con un sistema de control de movimiento ya sea longitudinal o lateral, pero no los dos a la vez, además el funcionamiento de estos sistemas están limitados a ciertas condiciones específicas.

Por ello, los vehículos que cuenten con un sistema de control de velocidad de crucero adaptativo, es decir que sean capaces no sólo de acelerar, sino también de frenar para no alcanzar al coche de delante y mantener la distancia de seguridad, y vehículos con un sistema de aparcamiento asistido que solo actúe sobre la dirección, entran en este nivel.

A día de hoy el nivel 1 de conducción autónoma está bien adoptado por múltiples fabricantes, y se puede encontrar en todo tipo de vehículos incluso en las gamas más bajas.

2.3. Nivel 2: Automatización parcial de la conducción

En este nivel ya se encuentran coches que poseen simultáneamente sistemas de automatización del movimiento longitudinal y del movimiento lateral limitado a determinadas condiciones.

Los sistemas que hacen que un vehículo pertenezca a este nivel pueden ser sistemas de piloto automático temporal para autopistas, que se vería limitado a carreteras amplias y de sentido único, sistemas de asistencia en atascos, limitados a cierta velocidad máxima o sistemas de aparcamiento asistido que actúan sobre la dirección, acelerador y freno.

Hoy por hoy se pueden encontrar diferentes modelos de vehículos con un nivel de conducción autónoma de nivel 2, entre ellos el Tesla Model S con su cada vez más famoso Autopilot, el Volkswagen Golf o el Audi A3, pero realmente el primer vehículo catalogado como nivel 2 puesto a la venta fue en 2013 el **Mercedes-Benz Clase S**.



Figura 2: Mercedes-Benz Clase S 2013.

Los sistemas que hicieron posible esta categorización fueron la combinación del programador de velocidad activo llamado *Distronic* junto con el sistema de mantenimiento de carril *Active Street Assist*. El sistema *Distronic* puede mantener constante, además de la velocidad, la distancia respecto al vehículo que circula por delante, y acelerar o decelerar (con una deceleración máxima de $4m/s^2$) automáticamente el vehículo en caso de necesitarlo, siempre y cuando se circule a una velocidad deseada comprendida entre 30 y 180km/h. El procesador encargado de esta tarea, utiliza las señales tanto del sensor radar de corto alcance, que toma medidas de entre 20cm a 30 metros con un ángulo de exploración de 80 grados, como del sensor radar de largo alcance, con un alcance máximo de 200 metros y un ángulo de exploración de 18 grados, ambos situados detrás del revestimiento del paragolpes delantero. Para el cálculo de la velocidad que lleva el vehículo situado por delante, se tiene en cuenta la frecuencia de la señal radar, que se ve modificada, al reflectar con dicho vehículo, debido al fenómeno conocido como efecto Doppler, lo que permite calcular la velocidad relativa entre ambos vehículos. Además, puede medir su separación con el tiempo de vuelo de la señal radar desde que es emitida hasta que vuelve tras rebotar en el coche de delante. En cuanto al *Active Steer Assist*, es capaz de detectar por medio de cámaras situadas a los laterales del vehículo, las delimitaciones del carril y aplicar pequeñas correcciones en la dirección para mantener el coche en el medio del mismo. Este sistema funciona a una velocidad máxima de 130km/h y siempre y cuando las curvas no sean significativamente pronunciadas.

Aun así el conductor siempre debe tener las manos colocadas sobre el volante, ya que cuando se detecta que no hay actividad alguna sobre él, se emiten señales acústicas, que en caso de ser ignoradas, pone en marcha otro sistema, llamado *Active Emergency Stop Assist*, que detiene el vehículo, enciende los intermitentes de emergencia, desbloquea las puertas y llama a los servicios de emergencia.

2.4. Nivel 3: Automatización condicionada de la conducción

Los vehículos pertenecientes a este grupo, cuentan como los de nivel dos, con sistemas de movimiento autónomo tanto longitudinal como lateral operando simultáneamente, pero además, cuentan con sistemas de detección y respuesta ante objetos y eventualidades de manera completa. Por lo tanto este es el primer nivel en el que la persona que se sienta al frente del volante deja de catalogarse como conductor, y pasa a llamarse usuario preparado para intervenir, al menos durante ciertos momentos o situaciones específicas.

Ha sido Honda el primer fabricante en conseguir la certificación de nivel 3 de conducción autónoma según los estándares SAE adelantando así a Mercedes y al Autopilot de Tesla, aunque lo cierto es que las características que ofrecen los tres son muy similares, la principal diferencia reside en el cambio de la certificación japonesa, que se ha actualizado para fomentar el desarrollo del coche autónomo, aunque es cuestión de tiempo que sus competidores consigan la misma catalogación.

Así, el Honda Legend con su *Traffic Jam Pilot*, se convirtió en marzo de 2021, en el primer vehículo de nivel 3 de automatización del mercado. Aun así, siendo conocedores de los riesgos que todavía puede llevar incluir este tipo de vehículos a las carreteras reales, se ha propuesto que deban llevar un distintivo fijado en la parte trasera del coche para avisar al resto de conductores ante cualquier posible movimiento extraño, de manera equivalente a la ‘L’ de los conductores noveles.



Figura 3: Etiqueta distintiva que debe llevar el Honda Legend de nivel 3 para alertar que se trata de un vehículo con conducción autónoma.

El *Traffic Jam Pilot* de Honda es capaz de tomar el control de la aceleración, el freno y la dirección cuando el vehículo queda atrapado en un atasco, siempre y cuando se conduzca con la función adaptativa dentro del carril. De esta manera, mientras el sistema controla el automóvil, según palabras de responsables de Honda, “el conductor puede ver la televisión en la pantalla de navegación del vehículo”. Eso sí la firma añade que este nivel de automatización sólo es posible en determinadas situaciones, que no especifica.

Además, la funcionalidad “sin manos” ofrece asistencia en las operaciones de conducción cuando se cumplen determinadas condiciones en autopista. Para ello, se debe conducir con el Control de Crucero Adaptativo, el Seguimiento de baja velocidad, y el Sistema de aviso y prevención de cambio involuntario de carril activados. De esta manera, es posible seguir a un vehículo que circula por delante en el mismo carril y adaptar su velocidad, además de ser capaz de adelantarlo por sí mismo y volver al carril, evaluando la situación y no sin antes solicitar el ‘ok’ del conductor. Aun así, el conductor, debe estar disponible en todo momento para retomar el control cuando el sistema lo solicite, y si este no responde de manera continua, pasa a funcionar un sistema muy similar al *Active Emergency Stop Assist* de Mercedes explicado en el apartado anterior.

Todo ello, es posible gracias a que el sistema determina su posición y las condiciones de la vía a partir de los datos de mapas tridimensionales de alta definición del entorno a 360° del vehículo con datos obtenidos por dos sensores LIDAR, tres radares de ondas milimétricas, dos cámaras de video, y el sistema global de navegación por satélite. Al mismo tiempo, el sistema realiza una monitorización de las condiciones del conductor mediante cámaras de supervisión instaladas en el interior del vehículo para así llevar a cabo una serie de reconocimientos, predicciones y decisiones.

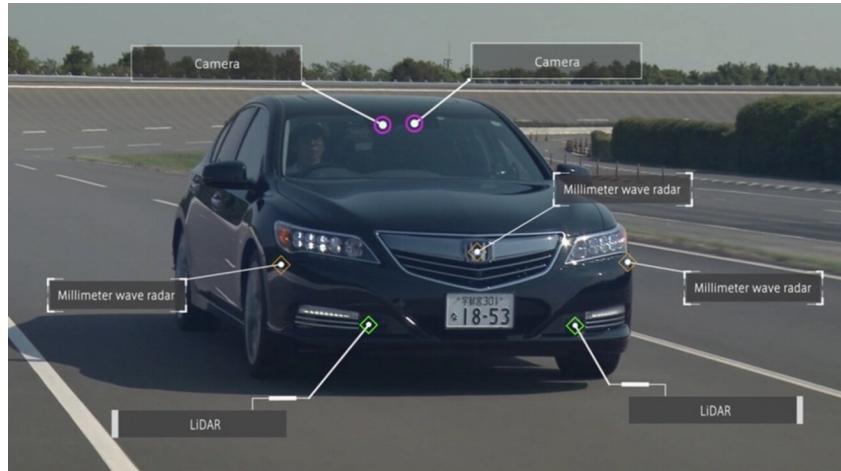


Figura 4: Imagen del Honda Legend y representación de su sensorización

2.5. Nivel 4: Automatización elevada de la conducción

Ya en este nivel durante todo el trayecto desaparece la figura del conductor y la del usuario preparado para intervenir, sino que es el propio sistema de automatización de la conducción el que cuenta con un sistema de respaldo para actuar en caso de fallos del sistema principal y poder conducir hasta una situación de riesgo mínimo. Aun así, el funcionamiento del sistema sigue limitado a ciertas condiciones y por tanto el vehículo puede encontrarse en situaciones en las que no pueda continuar con la conducción. Es por esto por lo que este tipo de vehículos aún siguen necesitando volante y pedales de freno y acelerador.

El mejor ejemplo de un coche con nivel de automatización cuatro de conducción, es sin duda Waymo, el proyecto de conducción autónoma de Google. Este proyecto fué lanzado en 2009, y consiguió el permiso de realizar pruebas en exteriores en las carreteras de Nevada en 2012. En seis años, esta tecnología consiguió acumular más de cinco millones de kilómetros en la vía pública, consiguiendo así el permiso por las autoridades de Arizona de circular sin un supervisor dentro del vehículo.

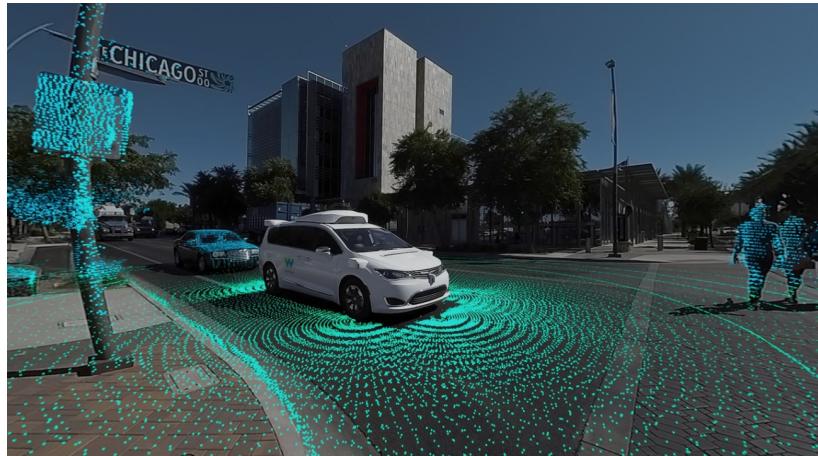


Figura 5: Waymo circulando por la vía pública.

Para que Waymo pueda circular por una zona nueva, es necesario generar un mapa de dicha zona con un alto nivel de precisión, incluyendo desde marcadores de carriles, hasta señales de STOP, bordillos, y aceras. Una vez realizado el mapa, Waymo es capaz de localizarse en él no solo basándose en datos externos, como los provenientes del GPS, que pueden perder intensidad de señal en determinadas zonas sobre todo con edificios alrededor, sino que también utiliza los datos provenientes de sus sensores en tiempo real con el fin de determinar su posición exacta en el camino durante todo momento.

Waymo es capaz de identificar todo lo que le rodea, ya sean peatones, ciclistas, vehículos o edificios, e incluso de responder ante señales de tráfico y semáforos gracias al uso de Deep Learning. Esto es posible gracias al empleo de su sensorización avanzada y diseñada para ver con claridad lo que está ocurriendo independientemente de si es de día o de noche, y de si se trata de un destino cercano o lejano. Como sus sensores LIDAR distribuidos por todo el vehículo, que envían millones de pulsos láser en todas las direcciones para medir el tiempo que tardan en volver tras rebotar en los objetos, así, sin importar las condiciones lumínicas, el sistema lidar, le brinda a Waymo una vista panorámica de sus alrededores. Además, el vehículo cuenta con cerca de veinte cámaras que proporcionan una vista 360°, diseñadas con un alto rango dinámico y estabilidad térmica, para ver tanto en condiciones de clara visibilidad, como de poca iluminación, y poder detectar la luz de los semáforos, zonas de construcción y otros objetos de la escena incluso a cientos de metros de distancia. Waymo también

cuenta con un radar de frecuencia milimétrica que funciona correctamente en condiciones de lluvia, niebla y nieve, para determinar con precisión la distancia a los objetos de alrededor y su velocidad relativa respecto al vehículo.

Tras recopilar toda la información de sus sensores, el sistema la combina en tiempo real con el mapa de la zona por la que transita y la experiencia acumulada en los millones de kilómetros recorridos tanto en el mundo real como en simuladores con el fin de anticipar el comportamiento potencial de otros conductores y el resto de usuarios de la vía, con sus intenciones particulares, comprendiendo que un coche se mueve de forma diferente a un ciclista, un peatón u otro objeto, prediciendo en tiempo real las numerosas rutas que cada uno puede tomar. Así, planifica la mejor acción o ruta a tomar y de forma inmediata determina con exactitud la trayectoria, la velocidad, el carril y las maniobras necesarias para comportarse de forma segura a lo largo del viaje.

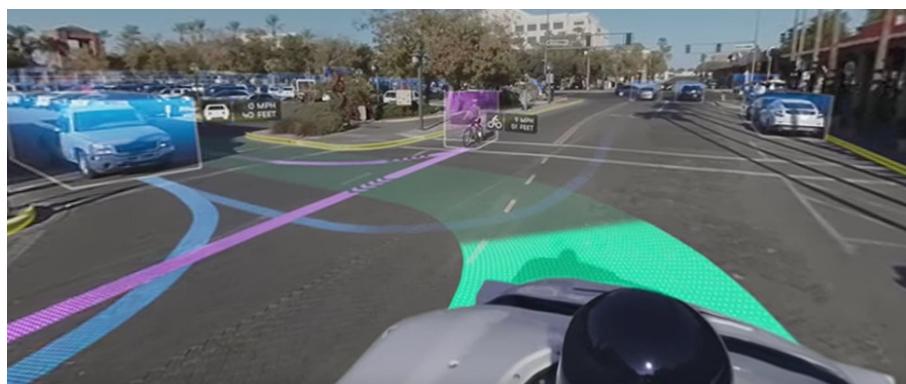


Figura X: Estimación de la trayectoria de otros objetos y la propia.

2.6. Nivel 5: Automatización completa de la conducción

En este nivel de automatización de la conducción se encuentran vehículos en cuyo interior únicamente existen pasajeros, en ningún momento o circunstancia habrá condiciones limitantes para el sistema, y por tanto el vehículo podrá seguir circulando sin la presencia de un conductor. Por lo tanto desaparece la necesidad de que haya presente un volante o pedales de freno, por lo que el vehículo pasa a ser lo más cercano posible a un ascensor con asientos.

El echo de eliminar totalmente las condiciones limitantes, podría implicar que serían necesarios sistemas complementarios de localización y balizamiento en la infraestructura, como por ejemplo hacen los aviones para volar con el piloto automático, y que serían en el fondo sistemas inalámbricos de comunicación vehículo a vehículo y vehículo a infraestructura, a lo que contribuirá enormemente el 5G. Por ahora solo hay prototipos en fase de pruebas, aunque Tesla, si cumple con lo prometido, tiene muchas posibilidades de llegar al primero.

3. BIBLIOGRAFÍA

https://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_autom%C3%B3nomo

<https://www.xataka.com/automovil/de-0-a-5-cuales-son-los-diferentes-niveles-de-conduccion-autonomia>

<https://www.carwow.es/coches-autonomos#gref>

<https://www.20minutos.es/noticia/3019064/0/mercedes-benz-clase-s/?autoref=true>

<https://lamercedpilar.com/universo-mb/distronic-y-distronic-plus>

<https://www.autofacil.es/tecnica/funciona-sistema-distronic-plus-mercedes/192701.html>

<https://www.xataka.com/vehiculos/primer-coche-comercial-nivel-3-autonomia-sera-honda-legend-llega-este-marzo-ha-recibido-permiso-japon>

<https://www.motorpasion.com/tecnologia/honda-adelanta-a-mercedes-se-convierte-por primera-mara-coche-conduccion-autonoma-nivel-3>

<https://www.lifewire.com/waymo-self-driving-cars-4171314>