

Coches autónomos

Trabajo de teoría - Robots Móviles

Paula Quevedo Montelongo

Iurii Dovhun

Mario Sadornil Sainz

Índice

1. Tipología	2
1.1. Introducción	2
1.2. Clasificación	2
1.3. Ejemplos	7
2. Waymo	9
2.1. Introducción	9
2.2. Descripción técnica del robot	10
2.2.1. Mecánica	10
2.2.2. Sensorización	10
2.2.3. Dataset	13
2.2.4. Procesador de computación	14
2.3. Descripción de la aplicación	14
2.3.1. Detección de objetos 3D	14
2.3.2. Especificaciones sobre el etiquetado 3D	15
2.3.3. Detección de objetos 2D	18
2.3.4. Especificaciones sobre el etiquetado 2D	18
2.3.5. Seguimiento de objetos	18
2.3.6. Funcionamiento de Waymo	19
3. Bibliografía	19

1. Tipología

1.1. Introducción

Un vehículo guiado automáticamente es un sistema no tripulado de transporte generalmente alimentado por baterías eléctricas. Imita las capacidades humanas de manejo y control. [1] Para poder llevar a cabo estas tareas necesita percibir el medio que le rodea y navegar en consecuencia. La única función del humano en el proceso de conducción es la elección del destino, ya sea programado con antelación o en tiempo real durante el recorrido del robot. El resto de decisiones requeridas para ejecutar mecánicamente el pilotaje serán tomadas por el propio vehículo.

Algunas de las técnicas para percibir el entorno son: láser, radar, *LIDAR*, sistema de posicionamiento global y visión computarizada. La toma de decisiones la lleva a cabo el sistema de control, que interpreta y evalúa el entorno percibido por los sensores. De esta manera el vehículo puede conocer la ruta a seguir, los obstáculos a evitar o las señales indicadoras. Gracias a esto, por lo general, son capaces de recorrer carreteras previamente programadas, pero requieren una reproducción cartográfica del terreno. Si un posible camino, obstáculo o señal no está registrado por el sistema, se puede ver en riesgo la tarea de desplazamiento asignada.

1.2. Clasificación

Dentro de la taxonomía, se encuentran tres elementos clave para diferenciar distintos vehículos autónomos: El tipo de guiado, la forma en que transporta su carga y el nivel de autonomía en la conducción. En este proyecto nos centramos en los vehículos autónomos utilizados para la movilidad de personas en vías urbanas, coches autónomos, es por esto que la característica más importante para analizar los distintos tipos de coche es el nivel de autonomía. Las otras dos clasificaciones están más enfocadas a robots industriales y es por

ello que se desarrollan de forma breve estas dos últimas focalizándose así la taxonomía en la autonomía del pilotaje.

Según el tipo de guiado se pueden clasificar de la siguiente manera:

Vehículos filoguiados o de guiado inductivo: Tienen hilos conductores enterrados para trazar la trayectoria. En la actualidad es la tecnología más precisa de guiado en entornos de alta humedad o baja temperatura y para áreas de trabajo muy estrechas, pero su instalación y reconfiguración son costosas.

Vehículos guiados por triangulación láser o LGV: Es el tipo de guiado más extendido y flexible para la navegación en espacios abiertos.. Este método consiste en tener múltiples puntos de referencia (bandas reflectantes) localizados en el mapa. Gracias a esto las trayectorias se pueden cambiar y expandir fácilmente.

Vehículos de guiado inercial: Utilizan odómetros (miden la distancia) y giroscopios (miden la orientación), y se colocan discos magnéticos (estos tienen su posición codificada) en el suelo para marcar los recorridos, cuyos datos son leídos por los sensores. La ventaja de este tipo de vehículos es que se pueden diseñar trayectorias complejas y ampliarlas, sin embargo, la instalación es más costosa.

Vehículos autónomos inteligentes, AMR o Robot móvil: Estos tienen la capacidad de alterar su trayectoria preprogramada para evitar obstáculos. No siguen ningún tipo de indicador para guiarse como los ya mencionados, en lugar de eso, poseen escáneres y sistemas de visión artificial (cámaras).

Según la forma en que transportan su carga:

Vehículos con remolque: El robot en cuestión estira de una serie de remolques que pueden o no tener el sistema de carga automatizado. El número de remolques depende directamente del peso total de estos junto con el del vehículo tractor. Si el tren final tiene una longitud muy extensa se generan

muchas restricciones en la planificación de trayectorias.

Vehículos de carga unitaria: Tienen la posibilidad de desplazarse en cualquier dirección y transportan una única carga, situada encima del propio robot. Existe una gran variedad y son muy flexibles y versátiles en la navegación.

Vehículos con palas elevadoras: Estos poseen unas palas que elevan la carga una vez haya sido recogida. Estos vehículos son muy útiles para trabajar con estantes a distintas alturas. La orientación de las palas respecto al robot y la tarea puede variar

Por último, según el nivel de autonomía en la conducción, este sistema de niveles ha sido diseñado por la NHTSA (*National Highway Traffic Safety Administration*).

Nivel 0: No tiene ningún sistema automatizado para controlar el pilotaje, únicamente puede generar advertencias. Un ejemplo sería el *SEAT Ibiza 5p*.



Nivel 1: en este nivel los vehículos incluyen sistemas como el control de crucero (velocidad constante) o la tecnología para mantenerse dentro del carril. Un ejemplo es el *Ford Focus EcoBoost Hybrid* .



Nivel 2: Es precisa la figura del conductor asistente por si fuera necesario tomar el control del coche y pasar a modo manual si el vehículo por sí solo no actúa adecuadamente, y es obligatorio que el sistema se desactive cuando el conductor tome el control. Estos los podemos denominar coches semiautónomos. Un ejemplo de estos es el *Mercedes-Benz Clase E*



Nivel 3: Son capaces de circular autónomamente en entornos controlados (autopistas, por ejemplo). En este nivel podría encontrarse el *Autopilot* de *Tesla* en el *Model S* . Este viene desconectado y debe de conectarlo el conductor a propósito. Hace comprobaciones para asegurarse de que la persona está alerta y con las manos en el volante.



Nivel 4: Un paso más que en el nivel anterior, ya no es necesaria la supervisión humana, pero únicamente en zonas determinadas donde el automóvil tenga información suficiente. Un ejemplo es el *Audi Elaine Concept* y los coches autónomos de *Google* o *Ford*, que realizan pruebas en entornos controlados.



Nivel 5: La autonomía es completa. Pueden circular por cualquier lugar. El coche debería tener capacidad de reacción adecuada ante imprevistos. Este nivel sigue aún en investigación por parte de grandes empresas tecnológicas y no existe aún un modelo que funcione correctamente a este nivel. A pesar de eso un ejemplo futurista podría ser de *Volkswagen*, que pretende sacar un coche con nivel 5 de autonomía en 2021.



1.3. Ejemplos

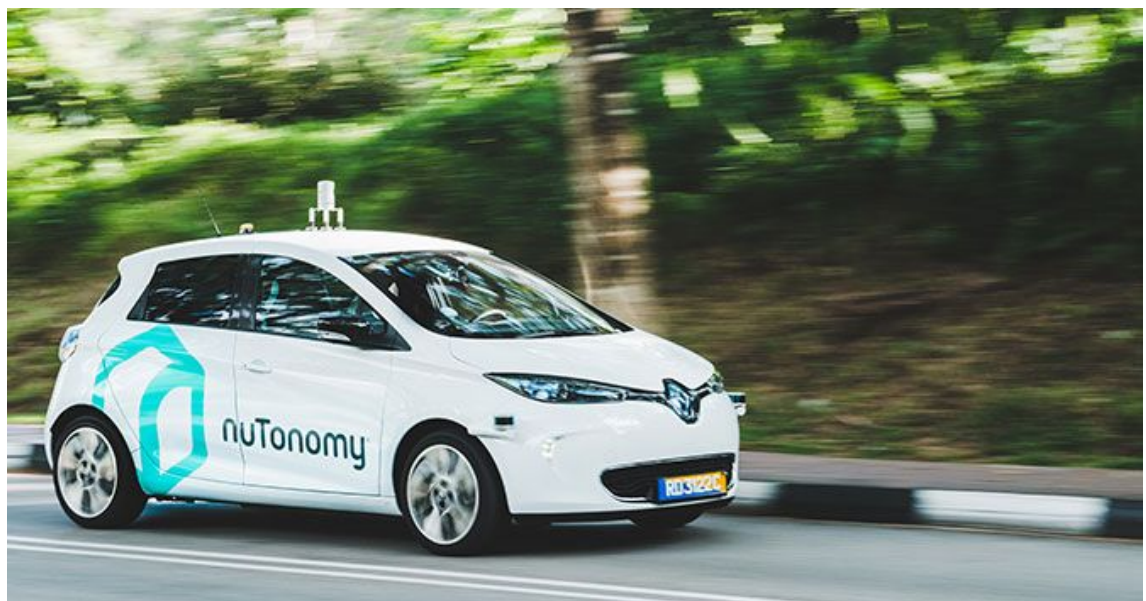
El número y las aplicaciones de los vehículos autónomos están aumentando. Esta área está en auge, y dentro de unos años podremos apreciar un desarrollo notable, reforzando así la diversificación.

Debido a la presencia de vehículos, la actividad prioritaria es el transporte personal. Existen múltiples servicios. Muchas empresas automovilísticas invierten en coches particulares para usuarios estándar e incluso establecen servicios de taxi. Por otro lado, cada vez hay más interés en crear un transporte público inteligente y autónomo. En China, el primer lote de autobuses autónomos ha sido probado desde 2015, y desde 2018 ha prestado servicios activos a la industria turística y ha logrado implementar grandes autobuses. En

nuestro país, este trabajo también se llevó a cabo en el mismo año. En la ciudad de Madrid se están realizando pruebas de transporte público automatizado, pero aún se encuentra en fase experimental.



Por otro lado, actualmente también empresas como Waymo o nuTonomy en Singapur despliegan flotas de taxis autónomos y también se han hecho pruebas con un Airbus aunque este no entra dentro de los coches autónomos cabe destacar que también existen vehículos autónomos que no utilizan la vía terrestre.



2. Waymo

2.1. Introducción

Para profundizar en el tema de los coches autónomos hemos escogido Waymo como un caso de estudio.



Waymo, antes conocida como **Google self-driving car project**, es una empresa desarrolladora de vehículos autónomos perteneciente al conglomerado Alphabet Inc.. La tecnología desarrollada por Waymo permite a un automóvil conducirse autónomamente por ciudad y por carretera, detectando otros vehículos, señales de tráfico, peatones, etc.

Las tecnologías que le permiten a Waymo ese nivel de autonomía se detallarán en el siguiente apartado.

2.2. Descripción técnica del robot

En Waymo, se está creando el conductor con más experiencia del mundo, gracias a la combinación de hardware, software y computación que impulsa a los vehículos para llevar a las personas y las cosas a donde van de manera segura. Waymo comenzó como el proyecto de vehículo autónomo de Google

en 2009 y actualmente el sistema *Waymo* se encuentra en la 5ª generación. Su trabajo consiste en que todos puedan viajar de manera más fácil y segura, sin necesidad de un conductor al volante. Su descripción técnica se puede dividir en mecánica, sensorización, conjunto de datos y procesador informático.

2.2.1. Mecánica

No vale la pena considerar las partes mecánicas, porque el sistema está diseñado para que pueda implementarse en diferentes vehículos ajustando varios parámetros determinados por el tamaño del vehículo. El sistema se encuentra en la fase de prueba de varios tipos de vehículos comerciales modificados, con los sensores y componentes necesarios. Sin embargo, para que este transporte multimodal sea efectivo, las partes mecánicas del vehículo deben ser similares. Cuentan con dichas similitudes todos los vehículos eléctricos vendidos actualmente a gran escala por las principales empresas de fabricación de automóviles.

2.2.2. Sensorización

Para navegar por las complejidades de la conducción, Waymo Driver utiliza una vista completa de sus alrededores y una comprensión detallada de su entorno para razonar con precisión sobre su próximo movimiento. Ningún tipo de sensor por sí solo puede proporcionar ese nivel de detalle en todas las condiciones de funcionamiento. Es por eso por lo que Waymo utiliza un único sistema integrado compuesto por sensores complementarios para brindar a los conductores una visión integral del mundo para que puedan navegar de manera segura en entornos complejos.

A continuación se describen cada uno de los sensores que forman parte de la última generación para informar al Waymo Driver.

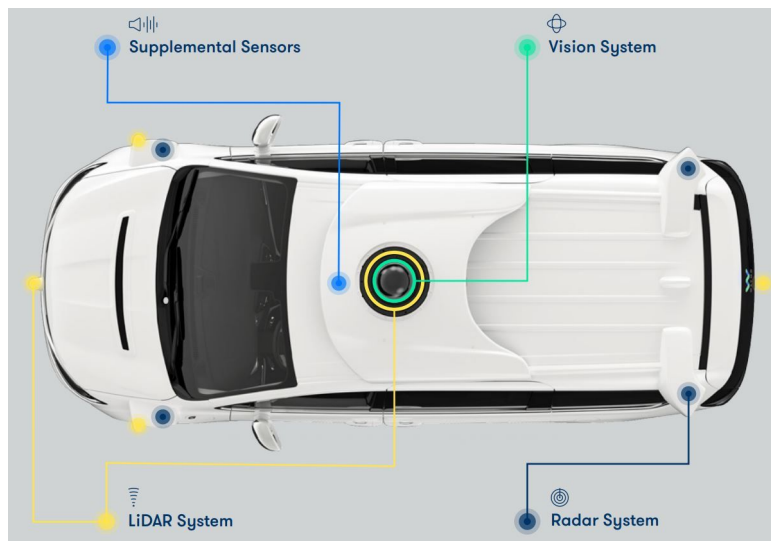


Figura 22: Sistemas de visión y sensorización de *Waymo*.

- **Lidar**

Lidar puede dibujar imágenes en 3D del entorno circundante, lo que nos permite medir el tamaño y la distancia de los objetos alrededor del vehículo, ya sea que estén cerca o superen los 300 metros.

El sistema proporciona una vista aérea de los automóviles, ciclistas y peatones que rodean el vehículo y ayuda al conductor de Waymo a distinguir objetos a cientos de metros más adelante, esto proporciona el tiempo suficiente para detener el vehículo o hacer un cambio de carril.

Estos lidares colocados en cuatro puntos alrededor de los costados del vehículo trabajan como uno solo generando una imagen conjunta de todos ellos.



Figura 23: Alcance del Lidar.

- **Cámaras**

Las cámaras cuentan con un alto rango dinámico y estabilidad térmica en rangos de temperatura automotrices. Esto permite identificar detalles importantes como peatones y señales a más de 500 metros de distancia.

Estas cámaras están coordinadas con la información obtenida del lidar, es decir, cuando el lidar detecta con precisión los obstáculos alrededor del vehículo, las cámaras brindan a nuestro algoritmo de aprendizaje automático más detalles para reconocer objetos, proporcionando así más información sobre el tráfico.



Figura 24: Visión de las cámaras.

- **Radar**

El radar sirve para poder saber instantáneamente la velocidad a la que se desplaza el objeto que las cámaras han detectado.

Mientras el lidar nos ayuda a ver objetos y las cámaras nos ayudan a comprender nuestro entorno, el radar complementa ambos con su capacidad de ver y medir instantáneamente la velocidad de un objeto.

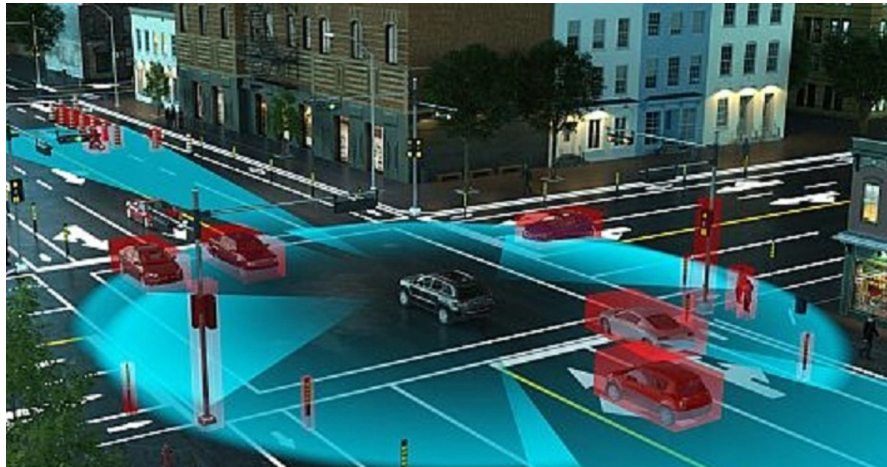


Figura 25: Radar de waymo.

Este nuevo sistema de radar tiene una muy alta precisión a la par que alcance, lo cual ayuda a una mejor detección de objetos en el entorno y su movimiento, siendo capaz de detectar motos en movimiento a grandes distancias.

2.2.3. Dataset

Como producto desarrollado por una empresa privada, el conjunto de datos completo no es público. Sin embargo, tienen un conjunto de datos públicos que no tiene un sensor ultrasónico o una cámara incluidos en el vehículo. Con este conjunto de datos, puede obtener una descripción general de cómo funciona el sistema.

Este conjunto de datos públicos es muy grande, con más de 2 terabytes de información comprimida. Tiene carpetas en las que se clasifican los datos para entrenamiento, verificación y pruebas, por lo que cualquiera puede usar los datos proporcionados para probar y entrenar redes neuronales.

2.2.4. Procesador de computación

Esta parte también es fundamental en el desarrollo de automóviles autónomos, ya que requiere alta velocidad y potencia de cálculo. Ocurre lo mismo que en la parte anterior, es decir, la información es muy limitada. La

única información pública disponible es que el desarrollo de todo el sistema informático fue desarrollado conjuntamente entre Waymo e Intel.

2.3. Descripción de la aplicación

Al principio del año 2020 Waymo disponía de 600 coches autónomos y su objetivo es expandir este número hasta los 62000 minivans Chrysler Pacifica. Además, la empresa está dispuesta a hacer instalaciones de sus sistemas en otras marcas de coches como, por ejemplo, Jaguar.

Debido a que Waymo ha sido la primera empresa en conseguir la autorización para usar comercialmente sus vehículos autónomos, hoy en día ya es posible encargar el servicio taxi mediante su propia aplicación, aunque para poder utilizarlo habrá que viajar hasta Phoenix (Arizona, Estados Unidos).

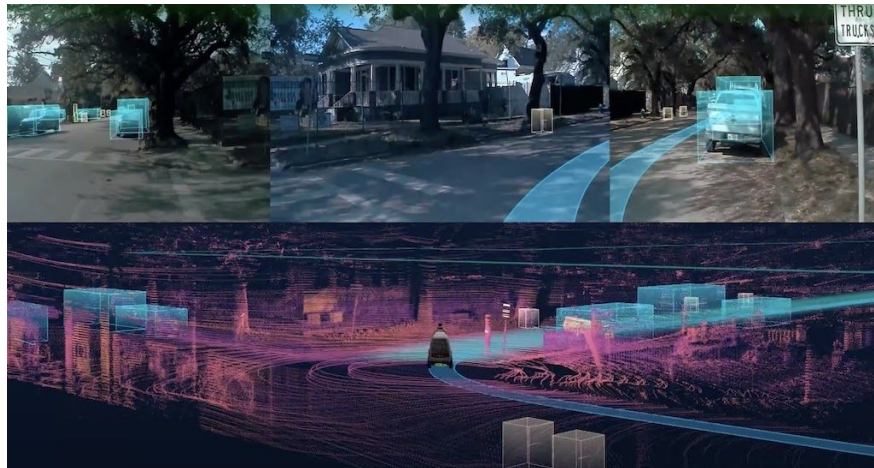


Como se puede ver en varios videos publicados por Waymo, el servicio cumple con lo prometido. Un usuario contrata el servicio desde una aplicación móvil (Waymo One) y llega el vehículo, un Chrysler Pacifica sin conductor; los clientes acceden a las plazas traseras y disfrutar del viaje sin nadie al volante. Pueden ver la trayectoria que van a seguir gracias a unas pantallas situadas tras los reposacabezas delanteros.

Desde Waymo informan que los taxis autónomos se conducen por sí mismos tras haber trabajado durante varios años en el mapeo de la ciudad y

los alrededores, permitiendo viajes de hasta 80 km en el Área Metropolitana de Phoenix, aunque advierten de que hay personas controlando el correcto funcionamiento del sistema a distancia por si hubiera dificultades del sistema para reconocer situaciones del tráfico.

2.3.1. Mapeado de la ciudad



Como ya se ha dicho anteriormente para que un coche autónomo pueda circular por las calles de una ciudad han sido necesarios varios años de mapeo. Este proceso crea un mapa tridimensional que contiene toda la información relacionada con la conducción del vehículo en el área donde se espera que circule, como: contornos de carreteras, bordillos y aceras, caminos de circulación, cruces peatonales y otros elementos importantes.

Los sensores integrados en el vehículo proporcionan información constante sobre los objetos circundantes, ya sean peatones, ciclistas, vehículos o semáforos. Utilizando información de estos sensores, el software de Waymo predice el movimiento del objeto que rastrea en función de la velocidad y la trayectoria del objeto. Mediante esta predicción, el vehículo puede calcular la trayectoria, velocidad, recorrido y maniobra necesarios para seguir adelante de la forma más segura y eficaz.

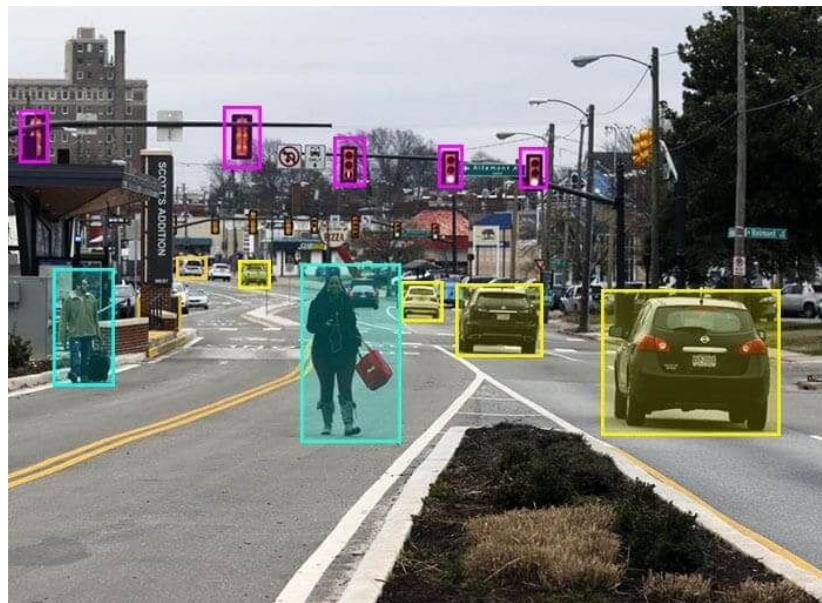
2.3.2. Reconocimiento de objetos

Para poder realizar el mapeado y posteriormente poder conducir por el mapa creado, los vehículos autónomos necesitan poder realizar muchas tareas en tiempo real y de forma paralela. Entre estas podemos destacar la detección y seguimiento de objetos, segmentación de las imágenes, cálculos de las trayectorias a partir de los datos obtenidos, etc...

En primer lugar, los diferentes sensores integrados en el vehículo adquieren los datos que se deben procesar para segmentar las imágenes adquiridas y poder identificar, y diferenciar los vehículos, ciclistas, peatones o señales de tráfico.

Para esta tarea Waymo al igual que otras empresas de coches autónomos utilizan redes neuronales, las cuales permiten identificar el contenido de cada objeto. Estas redes neuronales utilizan conjuntos de datos que contienen una gran cantidad de escenarios para entrenar, validar y probar dichas redes.

Los métodos de detección de objetos pueden utilizar datos obtenidos por lidar y cámaras, o incluso datos predichos en fotogramas anteriores.



Para cada fotograma obtenido, es decir, cada imagen tridimensional tomada, se busca detectar objetos, para lo cual es necesario predecir 'boxes' (recuadros) que indicarán la presencia de vehículos, peatones, señales de tráfico o ciclistas. La predicción debe de ser lo máximo precisa para que la conducción autónoma sea eficaz y segura para los pasajeros y otros vehículos y peatones. Cuando un objeto está ocluido, la información sobre el objeto puede no ser suficiente para dibujar su marco correspondiente. En este caso, las cajas se crearán de forma aproximada sobre la base del mejor esfuerzo.

Para simplificar el reconocimiento de los distintos objetos, estos se clasifican según su etiqueta. Normalmente se utilizan 4 tipos de dichas etiquetas: vehículos (coches y motocicletas), peatones(personas que utilizan la vía pública caminando, con monopatín, patinete, etc...Pero no, los que se encuentran dentro de sus vehículos, montando una bicicleta, dibujados en un billboard, etc...) , etiquetado de ciclistas(siempre que estén montados sobre la bicicleta) y por último etiquetado de las señales de tráfico diferenciando estas de otras señales no relacionadas con la conducción.

3. Bibliografía

A continuación se encuentran los enlaces utilizados como bibliografía para la realización de este trabajo:

https://waymo.com/intl/es_ALL/

<https://blog.waymo.com/2020/03/introducing-5th-generation-waymo-driver.html>

[Así funciona Waymo, el servicio de taxis sin conductor de Google - Clicacoches](#)

[Vehículos autónomos - AGV | Inser Robótica S.A. \(inser-robotica.com\)](#)

[Los seis niveles de clasificación de los coches autónomos \(20minutos.es\)](#)

[Así se clasifican los coches autónomos: los 5 niveles \(elespanol.com\)](#)

[Vehículo autónomo - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)

[Sistema industrial de múltiples vehículos autónomos guiados por láser - Jorge Badenas Carpio, José Miguel Sanchiz Martí - Google Books](#)

[AGV vs AMR: ¿cuál es mejor? - CLEM Noticia](#)