



Estudio de propuesta de sensores a utilizar en un vehículo autónomo

Documento:

Memoria

Autor/Autora:

ELIAS GARCIA, OSCAR

Director/Directora - Codirector/Codirectora:

SAIZ SEGARRA, MIGUEL ANGEL

Titulación:

Grado en Ingeniería Mecánica

Convocatoria:

Primavera, 2024.

TRABAJO DE FINAL DE
ESTUDIOS

1. Resumen

En este documento se describe un estudio acerca de los sensores y sistemas que los vehículos autónomos deben de tener para realizar una circulación segura. Al existir varios niveles entre vehículos, se han descrito todos los niveles acordes a aquellas acciones que el vehículo es capaz de gestionar y cuáles no.

Gracias a la elaboración de una búsqueda exhaustiva, se han contrastado documentos técnicos de automoción y experimentos realizados por marcas de renombre para traer a este estudio información de calidad y que acerca más a todas las personas que lean este estudio, a conocer en mejor medida cómo funciona el coche que conducen en su día a día.

Además, se ha realizado una prueba empírica a cerca de una problemática que existe en los vehículos más innovadores al llevar sensores expuesto al medio ambiente. Para realizar esta prueba se ha diseñado un soporte para colocar el sensor y usado un software junto con hardware de la empresa colaboradora, para realizar comprobaciones externas e internas delo que el sensor ha sido capaz de detectar. Esta prueba ha otorgado respuestas a cerca de la caída de rendimiento de un sensor cuando se realiza una conducción en clima seco y mojado y, entre los resultados hay sorpresa por los prejuicios que existen entre conducir con uno de los dos climas.

Para remarcar el alcance de este estudio, se han planteado pasos a seguir para enriquecer su contenido teniendo en cuenta pruebas que se podrían llevar a cabo y las conclusiones que ello conllevaría, de igual manera, la posibilidad de efectuar todas estas con una ubicación y un sensor diferente, para parametrizar las caídas de rendimiento para cada sensor y ubicación que este va a tener en el vehículo.

2. Abstract

This document describes a study of the sensors and systems that autonomous vehicles must have to drive safely. As there are several levels between vehicles, all levels have been described according to which actions the vehicle is able to manage, and which are not.

Thanks to the elaboration of an exhaustive search, automotive technical documents and experiments carried out by renowned brands have been contrasted to bring to this study quality information that brings closer to all the people who read this study, to know better how the car they drive works in their day-to-day life.

In addition, an empirical test has been carried out on a problem that exists in the most innovative vehicles when carrying sensors exposed to the environment. To carry out this test, a support has been designed to place the sensor and software has been used, together with hardware from the collaborating company, to carry out external and internal checks of what the sensor has been able to detect. This test has provided answers about the drop in performance of a sensor when driving in wet and dry weather and, among the results, there is surprise at the bias between driving in one of the two climates.

To highlight the scope of this study, steps have been proposed to enrich its content, taking into account the tests that could be carried out and the conclusions that this would entail, as well as the possibility of carrying out all these tests with a different location and a different sensor, in order to parameterize the performance drops for each sensor and location that it will have in the vehicle.



3. Índice

1. <i>Resumen</i>	2
2. <i>Abstract</i>	2
3. <i>Índice</i>	3
4. <i>Índice de tablas</i>	4
5. <i>Índice de figuras</i>	5
6. <i>Lista de abreviaturas/Glosario</i>	7
1. <i>Introducción</i>	7
1.1 <i>Objeto</i>	8
1.2 <i>Alcance</i>	8
1.3 <i>Requerimientos</i>	9
1.4 <i>Justificación</i>	10
2. <i>Antecedentes i/o revisión del estado de la cuestión</i>	10
2.1 <i>Contexto del estudio</i>	10
2.2 <i>Tipos de ADAS</i>	11
2.2.1 <i>ISA</i>	11
2.2.2 <i>REV</i>	12
2.2.3 <i>BSM</i>	14
2.2.4 <i>FCW+P+C</i>	15
2.2.5 <i>LDW</i>	17
2.2.6 <i>AEB</i>	18
2.2.7 <i>TSR</i>	19
2.2.8 <i>RCTA</i>	20
2.2.9 <i>DDR</i>	21
2.2.10 <i>LKA</i>	22
2.2.10 <i>ACC</i>	23
2.2.11 <i>PAP</i>	25
2.3 <i>Niveles de autonomía</i>	26
2.3.1 <i>Nivel 0</i>	26
2.3.2 <i>Nivel 1</i>	27
2.3.3 <i>Nivel 2</i>	27
2.3.4 <i>Nivel 3</i>	27
2.3.5 <i>Nivel 4</i>	27
2.3.5 <i>Nivel 5</i>	28
2.3.6 <i>¿Qué inconvenientes tienen los vehículos de AD Level 3-5?</i>	29
3. <i>Metodología</i>	30
3.1 <i>COMPONENTES DE LAS ADAS: LOS OJOS DEL COCHE AUTÓNOMO</i>	30
3.1.1 <i>Radar:</i>	30
3.1.2 <i>LiDAR</i>	32
3.1.3 <i>Retrovisores con cámara</i>	34
3.1.4 <i>Sensores con ultrasonidos</i>	35
3.1.5 <i>Cámaras</i>	36
3.1.6 <i>Fusionar sensores</i>	37
4. <i>Planteamiento de problemas y soluciones para los sensores</i>	37

4.1	Inclemencias en el ambiente	37
4.2	Sistema de limpieza	39
5	<i>Test de detección del grado de suciedad</i>	40
5.1	Descripción del ensayo	41
5.2	Justificación del ensayo	41
5.3	Soporte de la cámara y ubicación	41
5.3.1	Carcasa para la cámara	43
5.3.2	Tapa posterior	44
5.3.3	Omegas de sujeción	44
5.3.4	Material del soporte	46
5.3.5	Ubicación del soporte	46
5.4	Prueba 1: Clima despejado	47
5.5	Prueba 2: Clima húmedo	47
5.6	Prueba de pérdida de visión	47
5.7	Imágenes de las pruebas	48
5.7.1	Prueba en seco	48
5.7.2	Prueba en mojado	51
5	<i>Resumen del presupuesto i/o estudio de viabilidad económica</i>	55
6	<i>Análisis i valoración de las implicaciones ambientales i sociales</i>	56
7	<i>Conclusiones</i>	58
8	<i>Referencias</i>	60

4. Índice de tablas

<i>Tabla 1: resumen de los niveles de conducción autónoma</i>	28
<i>Tabla 2: Condiciones seco salida 1</i>	48
<i>Tabla 3: Condiciones seco salida 2</i>	49
<i>Tabla 4: Condiciones seco salida 3</i>	50
<i>Tabla 5: Condiciones seco salida 4</i>	50
<i>Tabla 6: Condiciones mojado salida 1</i>	51
<i>Tabla 7: Condiciones mojado salida 2</i>	52
<i>Tabla 8: Condiciones mojado salida 3</i>	53
<i>Tabla 9: Condiciones mojado salida 4</i>	53
<i>Tabla 10: Gastos en servicios</i>	55
<i>Tabla 11: Gastos en material</i>	55

5. Índice de figuras

Figura 1: Esquema de los sistemas ADAS (Fuente: https://www.fundacionmapfre.org/educacion-divulgacion/seguridad-vial/sistemas-adas/que-son-los-sistemas-adas/)	11
Figura 2. Esquema sistema ISA (Fuente: https://www.race.es/sistema-isa-asistente-de-velocidad-inteligente)	11
Figura 3: Detector de marcha atrás (Fuente: https://www.fundacionmapfre.org/educacion-divulgacion/seguridad-vial/sistemas-adas/tipos/sensores-de-aparcamiento/)	13
Figura 4: Cámara trasera (Fuente: https://www.carwow.es/blog/como-instalar-camara-trasera-coche#gref)	13
Figura 5: Sistema REV marcha atrás (Fuente: https://www.dgt.es/muevete-con-seguridad/conviertete-en-un-buen-conductor/Sistemas-avanzados-de-ayuda-a-la-conduccion-ADAS-/)	14
Figura 6: Sensor ángulo muerto (Fuente: https://www.motorenlinea.es/articulo-741-bosch-y-su-asistente-para-el-angulo-muerto)	14
Figura 7: Sistema anticolidión frontal (Fuente: https://www.hoy.es/motor/advertencia-colision-frontal-20191104002015-ntvo.html)	15
Figura 8: Sistema Anticolisión Frontal (Fuente: https://www.hyundai.com/pacific/en/find-a-car/kona-electric/safety#none)	16
Figura 9: Asistente de Cambio Involuntario de Carril (Fuente: https://www.autofacil.es/tecnologia/sistema-denominado-ldw/182649.html)	17
Figura 10: Emergency brake (Fuente: AEB ó sistema de frenada autónoma (motor.es))	18
Figura 11: Aviso de Frenado de Emergencia (Fuente: http://www.asboc.es/2017/11/la-frenada-automatizada-de-emergencia.html)	19
Figura 12: Sistema de reconocimiento de señales de tráfico (Fuente: Sistema de reconocimiento de señales TSR, imagen - tuteorica)	20
Figura 13: sistema de alerta tráfico cruzado trasero (Fuente: Alerta de tráfico cruzado - Fundación MAPFRE (fundacionmapfre.org))	20
Figura 14: Aviso más común del sistema DDR (Fuente: https://www.motor.es/noticias/asi-funciona-detector-fatiga-distraccion-conductor-vehiculo-202395039.html)	21
Figura 15: Mensaje del sensor de somnolencia (Fuente: Así funciona el detector de fatiga y distracción del conductor en el vehículo (motor.es))	22
Figura 16: Resumen del DDR (Fuente: Así funciona el detector de fatiga y distracción del conductor en el vehículo (motor.es))	22
Figura 17: Asistente de mantenimiento de carril (Fuente: https://www.coches.net/noticias/que-es-el-asistente-de-mantenimiento-de-carril)	22

Figura 18: Gestión de la distancia de seguridad del ACC (Fuente: https://www.vwcanarias.com/es/blog/control-de-crucero-adaptativo.html)	23
Figura 19: Uso del TJA (Fuente:Lexus)	25
Figura 20: Demostración del sistema PAP (Fuente: https://www.elconfidencial.com/motor/tecnologia-y-motor/2021-10-19/renault-advanced-park-assist-tecnologia_3308345/)	25
Figura 21: Esquema de la clasificación de los niveles de autonomia (Fuente:https://www.cea-online.es/blog/213-los-niveles-de-la-conduccion-autonoma)	26
Figura 22: Ubicación de los componentes del vehículo autónomo de nivel 5 (Fuente: ADAS Full Form: A Guide to Advanced Driver Assistance Systems / Spinny Magazine)	30
Figura 23: Sistema Drive Pilot de Mercedes-Benz (Fuente: https://computerhoy.com/tecnologia/son-niveles-conduccion-autonoma-1229224)	30
Figura 24: Sistema de radar y Lidar (Fuente: https://www.cam2.com.pe/single-post/sistemas-de-radar)	31
Figura 25: Uso del radar en los coches (Fuente: https://www.xataka.com/automovil/sistemas-de-deteccion-en-los-coches-para-evitar-accidentes)	32
Figura 26: Mapa generado por el LiDAR (Fuente: ¿Qué es un LIDAR y como funciona? / Noticias coches.net)	32
Figura 27: Detección de objetos predecesores (Fuente: ¿Qué es un LIDAR y como funciona? / Noticias coches.net)	34
Figura 28: retrovisores del Audi e-tron (Fuente: Audi e-tron: así funcionan sus retrovisores de cámara / Auto Bild España)	34
Figura 29: Sistema de ultrasonidos en funcionamiento (Fuente: Todo lo que debes saber sobre los sensores ultrasónicos antes de comprar un auto nuevo / Noticias / Kia Perú)	35
Figura 30: Ubicación de las cámaras en un vehículo autónomo (Fuente:https://tecvolucion.com/es-el-lidar-imprescindible-en-los-coches-autonomos/)	36
Figura 31: Estructura de un coche autónomo (Fuente: Vitesco Technologies - Advanced Sensor Cleaning System (vitesco-technologies.com))	40
Figura 32: Vista isométrica 1 (Fuente: Solidworks)	42
Figura 33: Vista isométrica 2 (Fuente: Solidworks)	42
Figura 34: Diseño 3d y fotografías de la carcasa para la cámara (Fuente: Solidworks)	43
Figura 35: Diseño 3d y fotografías de la tapa posterior (Fuente: Solidworks)	44
Figura 37: Diseño 3d y fotografías de la omega izquierda (Fuente: Solidworks)	45
Figura 38: Diseño 3d y fotografías de la omega derecha (Fuente: Solidworks)	45
Figura 39: Soporte montado en vehículo (Fuente: SamsungOscar)	46
Figura 40: Estacionamiento en batería y en espiga (semi batería) (Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=CgfHvXeX3vw&ab_channel=autoescuelacom, https://ecomovilidad.net/global/aparcamiento-espiga-ventajas-e-inconvenientes/)	48

Figura 41: Suciedad en el sensor tras 200 km recorridos (Fuente: SamsungOscar)	49
Figura 42: Suciedad en el sensor tras 400 km (Fuente: SamsungOscar)	50
Figura 43: Suciedad en el sensor tras 600 km (Fuente: SamsungOscar)	50
Figura 44: Suciedad en el sensor tras 800 km (Fuente: SamsungOscar)	51
Figura 45: Suciedad en el sensor tras 50 km (Fuente: SamsungOscar)	52
Figura 46: Suciedad en el sensor tras 100 km (Fuente: SamsungOscar)	53
Figura 47: Suciedad en el sensor tras 150 km (Fuente: SamsungOscar)	53
Figura 48: Suciedad en el sensor tras 200 km (Fuente: SamsungOscar)	54
Figura 49. Surtidor telescópico (Fuente: https://www.eurotaller.com/noticia/sabes-que-son-los-lavafaros-y-que-utilidad-tienen-un-vehiculo)	59

6. Lista de abreviaturas/Glosario

ACC: Adaptive cruise control

AD: Automated Driving

ADAS: Advanced Driver Assistance Systems

AEB: Automatic emergency braking

DDT: Dynamic driving task

LKA: Lane keeping assistance

ODD: Operational design domain

OEDR: Object and event detection and response

1. Introducción

Hace dos décadas, a los fabricantes de automóviles se les impuso la necesidad de desarrollar vehículos que tuviesen emisiones más bajas y que fuesen más seguros tanto para los ocupantes como para el resto de los usuarios de la vía.

Para cubrir estas dos necesidades, los fabricantes empezaron a cambiar el sistema motriz de los vehículos, minimizando la importancia de los motores de combustión e incrementando esta para motores eléctricos que no generan emisiones.

Para garantizar la seguridad de la vía, los vehículos obtuvieron un incremento de sensores y sistemas que dan la potestad al vehículo de poder actuar en una situación que considera de peligro. Gracias a esta libertad otorgada, se pretende conseguir que todos los vehículos se desplacen sin la necesidad de intervención humana, es decir, que el vehículo sea capaz de gestionar cada situación de manera segura y fiable.

Esta búsqueda del coche autónomo ha generado la motivación para realizar este trabajo, el cual va a empezar explicando la evolución que han sufrido los vehículos en función de los niveles de autonomía alcanzados y que deben alcanzar para poder ser autosuficientes.

A continuación, se exponen y describen aquellos sensores y cámaras que los vehículos han ido adquiriendo y se van a describir sus componentes, las funciones que estos ejercen y cómo estas se

utilizan en las ayudas de conducción que han sido implementadas y van a ser cruciales para captar la mayor cantidad de información posible para el vehículo.

Pero, este trabajo ocupa un campo más, de vital importancia. Debido a la elevada presencia y responsabilidad que han cogido estos dispositivos y sistemas a la hora de dar libertad al vehículo para poder tomar decisiones, garantizar el correcto funcionamiento bajo todo tipo de circunstancias debe estar garantizado.

La tercera parte del trabajo trata de un estudio sobre las inclemencias que hay en el ambiente y la vía pública, que provocan una disminución del rendimiento de los sensores y, por ende, el potencial peligro de que el vehículo no pueda recibir toda la información requerida para cada situación.

Una vez identificados estos factores, gracias a la colaboración de una empresa del sector de la cual estoy muy agradecido por darme la oportunidad de hacer este trabajo, se ha hecho una colaboración para someter los sensores disponibles a unos ensayos donde van a ser sometidos a las inclemencias previamente identificadas y determinar a partir de qué cantidad de suciedad, dichos sensores no son capaces de enviar de forma correcta la información.

Con esta información, se han realizado varias tablas para cada sensor que para clarificar cuál es la pérdida de información por cada tipo de agente utilizado y, de todos ellos, definir el que más peligro puede generar debido a la ubicación que va a tener este sensor en el vehículo.

Tras conocer los agentes y los daños que provocan, se ha diseñado un ensayo pragmático y empírico para poder medir la cantidad de suciedad que puede coger uno de los componentes que se sitúan en la parte frontal del vehículo y justificar la necesidad que surge de limpiar estos elementos para que el vehículo obtenga toda la información correctamente para una conducción segura.

1.1 Objeto

La finalidad de este trabajo es explicar y definir de manera detallada y argumentada la necesidad de incorporar sensores, cámaras y LiDAR para cualquier vehículo que pueda realizar una conducción autónoma. Para ello, se realiza un estudio sobre todas aquellas ADAS que se han desarrollado hasta ahora y cuáles son los gadgets y componentes necesarios para dichas ayudas.

Este trabajo no solo consta de una recopilación de información sobre lo previamente comentado, sino que trata de buscar una solución a un problema que se ha originado hace pocos años, la limpieza de todos estos sensores y cámaras que se han añadido al vehículo.

Gracias a la colaboración con la empresa *Ficosa Automotive*, se han hecho varias pruebas en condiciones meteorológicas diversas y, a su vez, en vías públicas diferentes. Estas pruebas tienen como objetivo estandarizar una ratio de kilometraje y suciedad depositada en el sensor, para poder estipular cual debería de ser la cantidad mínima de kilómetros que el vehículo debe recorrer antes de que el rendimiento de este componente sea tan bajo que pondría en peligro la conducción.

Con el conjunto de pruebas realizadas, se ha justificado la necesidad de limpiar los sensores cuando la cantidad de suciedad que tiene adherida es tal que el vehículo carece de información de la vía y del entorno.

1.2 Alcance

El trabajo va a estar estructurado en 6 paquetes de trabajo

1. Contexto sobre los coches autónomos y qué niveles existen

Se ha hecho una búsqueda sobre los inicios de los diferentes sistemas de ayuda a la conducción que han permitido catalogar a los vehículos en varios niveles de autonomía que son capaces de asumir.

2. Descripción de los sistemas ADAS desarrollados hasta la fecha y su importancia en la conducción autónoma

Para poder transmitir correctamente que la conducción autónoma es un concepto que ya es plausible, se ha hecho una búsqueda de todas aquellas ayudas a la conducción que se han incorporado durante los últimos años en los vehículos y se ha realizado una explicación precisa y de fácil comprensión acerca de cuáles son sus funciones, los componentes que lo forman y, en sintonía con los niveles de autonomía, cuales son aquellos vehículos que tienen como obligación tener esa ayuda a la conducción disponible.

3. Descripción de los niveles de conducción autónoma

Gracias a la disposición de los documentos técnicos correspondientes, se ha hecho un desglose concreto y específico para definir cada uno de los niveles de autonomía que se pueden otorgar a un vehículo, con diferentes referencias visuales y tablas comparativas que facilitan la comprensión sobre la clasificación de estos niveles de vehículos.

4. Descripción de los sensores y cámaras según los niveles de autonomía que tienen otorgado

Se ha elaborado una descripción detallada de cada uno de los componentes que han de llevar los vehículos en función de los niveles de autonomía que son capaces de asumir.

Dentro de esta descripción, han sido descritos los parámetros de construcción, tecnología usada para recopilar información, a partir de qué nivel de autonomía se van a utilizar, qué funciones tienen y en qué sistemas de ayuda a la conducción se utilizan.

5. Descripción de los ensayos que se han realizado

En este bloque de trabajo se expone qué tipo de ensayos han sido diseñados para los sensores disponibles. Desde que tipo de sustancia que simulan las inclemencias del ambiente, que set up se va a usar para realizar los ensayos, las condiciones de este y el número de veces que se han realizado.

6. Tablas resumen y resultados

Una vez realizados los ensayos, se han realizado fotografías del sensor por fuera y desde la visión de éste, para conocer cuál ha sido la cantidad de visión que se ha perdido con el paso de los kilómetros recorridos.

Gracias a estos resultados, se han podido elaborar unas conclusiones teniendo en cuenta factores como la velocidad, las condiciones climáticas y la capacidad de visualizar los objetos con nitidez.

1.3 Requerimientos

- El sensor está colocado en la parrilla frontal del vehículo.
- El soporte del sensor ha sido diseñado por el alumno.
- El material del soporte es de plástico para no provocar daños en la rejilla del vehículo y en el cuerpo del sensor.
- Las sujeciones a la rejilla son del mismo material que el soporte.
- Las pruebas se han llevado a cabo siempre con el mismo vehículo para evitar factores aerodinámicos, igual que la altura a la que se va a ubicar el sensor.
- Las vías en las que se han realizado las pruebas son correctamente pavimentadas y han sido recorridas siempre a la misma hora.
- Las fotografías se han hecho con la cámara en el soporte y siempre en la misma posición.

- Las velocidades en las que se realizan las pruebas están definidas y han de ser siempre las mismas
- El contador de kilómetros recorridos vuelve a 0 cuando cambian las condiciones climáticas

1.4 Justificación

Los vehículos han ido sufriendo evoluciones cada vez más deprisa debido a los requisitos impuestos por la UE para que la conducción fuese cada vez más segura. Por ello, las empresas de automoción junto con otras empresas de nombre como BOSCH han ido desarrollando ayudas para el conductor que minimizan las consecuencias del error humano.

La ayuda al conductor ha pasado a segundo plano debido al horizonte en el cual se está llegando en la industria del automóvil con la idea del nivel 5 de autonomía: el vehículo es quien gestiona todos los movimientos. Para llegar a conseguir este nivel se requiere un cierto número de sistemas que han de trabajar al unísono para otorgar la mayor cantidad de información posible de la circulación.

Este trabajo se desarrolla con el fin de sintetizar y desglosar todos los sistemas que aquellos vehículos con un nivel de autonomía elevado deben tener para poder cumplir con tal cometido y que el conductor no deba intervenir en ninguna ocasión. Además, este estudio va un paso más allá, analizando las inclemencias del ambiente que pueden menguar el rendimiento de los sensores y generar una pérdida de datos que desemboque en un posible accidente o situación de riesgo y, cómo se ha de evitar esta situación, se han elaborado y realizado pruebas para poder saber qué tipo de sistema de limpieza debería ser el obligatorio en los vehículos para que la afectación de las partículas y suciedad de la carretera sea la menor posible.

Estas pruebas han sido supervisadas por la empresa con la que se colabora, teniendo la gran suerte de poder trabajar con sustancias certificadas, salas con las condiciones comentadas previamente y con la experiencia de profesionales del sector en el desarrollo de sistemas de limpieza para los vehículos.

Este estudio tiene valor porque no solo identifica las necesidades de estos vehículos que están en desarrollo, sino que analiza los posibles enemigos que ya existen y que soluciones deberían usarse que ya están implementadas en ciertos vehículos de venta al público. Además, cabe recalcar, que se ha podido colaborar en varios proyectos que tratan sobre el rendimiento de limpieza de varios sensores para vehículos comercializados, lo que otorga credibilidad en las pruebas realizadas y las soluciones planteadas.

2 Antecedentes i/o revisión del estado de la cuestión

2.1 Contexto del estudio

En las últimas décadas, los coches han sufrido innumerables modificaciones para incrementar la seguridad del usuario y evitar el error humano. Al principio de los 70, la empresa BOSCH disponía del sistema ABS implementado en los afortunados y exclusivos Mercedes Clase S. En 1986, la misma empresa que desarrolló el ABS, patentó el sistema de control de tracción que se implantó en los modelos de alta gama de Mercedes Benz y en la serie 7 de BMW.

Una vez se había ganado seguridad en las situaciones de frenada y la correcta gestión de la adherencia en situaciones de pavimento delicado, en el año 1995, como no podía ser de otra manera, BOSCH patentó lo que sería considerada la primera ayuda a la conducción, el control de estabilidad, comúnmente conocido como ESP.

Con el paso de los años hasta ahora, se han ido implementando sistemas que facilitan al usuario tener un desplazamiento más seguro, fruto del desarrollo de sensores, radares y cámaras que se han ido colocando en el vehículo.

En el año 2015, la asociación de ingenieros automotrices estableció una clasificación sobre los niveles de autonomía que los vehículos pueden realizar. Esta clasificación fue conocida como la SAE J3016. Gracias a esta norma, se pueden clasificar a los vehículos según los sistemas de ayuda a la conducción que disponen y, por ende, el grado de conducción autónoma que son capaces de realizar

2.2 Tipos de ADAS

Para entender mejor los sistemas de ayudas que lleva el coche, he añadido la siguiente imagen que clarifica dónde van colocados aquellos sensores, cámaras y radares que se necesitan para captar información de la vía (Fundación Mapfre, 2022b).



Figura 1: Esquema de los sistemas ADAS (Fuente: <https://www.fundacionmapfre.org/educacion-divulgacion/seguridad-vial/sistemas-adas/que-son-los-sistemas-adas/>)

2.2.1 ISA



Figura 2. Esquema sistema ISA (Fuente: <https://www.race.es/sistema-isa-asistente-de-velocidad-inteligente>)

El sistema ISA (Intelligent Speed Assistant) o Asistente de velocidad inteligente es un sistema que utiliza una cámara situada en el techo del vehículo para leer las señales y una base de datos conectada al GPS para verificar la velocidad a la que se ha de ir en la vía y así avisar al conductor de la velocidad máxima a la que puede circular.

Además, a partir del 2022, los vehículos estarán obligados a llevar este sistema y será capaz de limitar la potencia del motor para garantizar que se están respetando los límites de velocidad adecuados en cada tramo de la vía.

Este sistema funciona de la siguiente manera:

- Con la ayuda del GPS para saber la localización del vehículo y los límites de velocidad que hay en la vía en la que se circula mediante un mapa digital, la cámara del techo verifica que la señal del mapa digital corresponde a la que está en la vía.
- Cuando el vehículo reconoce el límite de velocidad de la vía, envía la información al cuadro de instrumentos para que el conductor sea consciente de la velocidad máxima a la que se puede circular.
- Una vez el vehículo llega a la velocidad máxima de la vía, el sistema ajusta la potencia del motor para que la velocidad no sea rebasada, a menos que el conductor de verdad lo desee y tenga que apretar el acelerador enérgicamente para que el asistente se desactive

Existen cuatro formas para informar al conductor:

1. **Sistema táctil:** el sistema envía un pequeño empuje al pedal del acelerador hacia abajo para aumentar la velocidad del vehículo hasta la máxima de la vía, siempre y cuando, el conductor esté acelerando previamente. Una vez estás a 20 km/h de alcanzarla, en el panel de instrumentos se muestra un aviso que nos indica que en breves se habrá alcanzado el límite de velocidad
2. **Gestión de potencia:** ajustando las revoluciones de este, se consigue llegar a la velocidad adecuada según la vía
 - a. AMBOS sistemas, pueden ser cancelados por el conductor mediante una respuesta enérgica pisando el acelerador
3. **Señal en cascada:** Cuando el vehículo sigue circulando a una velocidad superior a la permitida, el sistema emite una señal luminosa en el cuadro de instrumentos, seguidamente, emite una señal acústica para reforzar la importancia de la señal luminosa.
4. **Aviso vibratorio:** como el anterior sistema, primero envía una señal luminosa al cuadro de instrumentos y, posteriormente, provoca ciertas vibraciones en el pedal del acelerador que provocan al conductor la necesidad de soltar dicho pedal y así reducir la velocidad del vehículo.

Desactivar el asistente conlleva elevar la posibilidad de riesgo de accidente, pero hay ocasiones en las que es necesario superar la velocidad para realizar una maniobra de adelantamiento. No obstante, si el vehículo prolonga la velocidad por encima de la permitida, el ISA empezará a emitir un pitido y proyectará una señal de emergencia hasta que se reduzca la velocidad hasta el límite permitido de la vía (RACE, 2022b).

2.2.2 REV



Figura 3: Detector de marcha atrás (Fuente: <https://www.fundacionmapfre.org/educacion-divulgacion/seguridad-vial/sistemas-adas/tipos/sensores-de-aparcamiento/>)

¿Para qué sirve?

Avisa al conductor de la presencia de obstáculos o personas en la maniobra de aparcamiento. Al principio solo se colocaron los sensores en la parte posterior del vehículo, con lo que la información solo era proporcionada cuando la marcha atrás estaba engranada.

Gracias a la evolución de los sistemas, se añadieron sensores en los parachoques frontales para dar información sobre estos elementos cuando se engrana la primera marcha. Por último, con la incorporación de las cámaras traseras, el vehículo te puede medir si la plaza es adecuada para él e indicar si la trayectoria que sigues es la correcta o no mediante carriles en la cámara.



Figura 4: Cámara trasera (Fuente: <https://www.carwow.es/blog/como-instalar-camara-trasera-coche#gref>)

¿Qué componentes tiene?

- **Sensores ultrasónicos:** ubicados en la parte trasera del vehículo (algunos los llevan también en la parte frontal). Suelen ponerse cuatro para poder cubrir toda la parte posterior del vehículo. Estos sensores tienen la función de detectar aquellos elementos más cercanos con los que puede haber una colisión
- **Radars:** colocados en la parte interior del paragolpes y en las esquinas, para detectar aquellos elementos que pueden estar en el ángulo muerto y los sensores de ultrasonidos no son capaces de percibir.
- **Cámara trasera:** este componente tiene la función de informar al conductor de lo que tiene en la parte posterior del vehículo, además le proporciona información de la dirección que va a coger en función del ángulo de giro del volante y así analizar si la maniobra se puede realizar o no con seguridad.
- **Aviso acústico:** cuando se detecta un obstáculo, el sistema emite un sonido de alerta mediante los altavoces del vehículo y, una de las mejoras que se desarrollaron, fue que este sonido solo saliera de los altavoces que estaban en la misma zona que el obstáculo detectado, es decir, si el elemento estaba en la parte derecha del vehículo, la señal acústica se emitía solamente por los altavoces ubicados en la zona derecha.

¿Qué limitaciones tiene?

Este sistema no actúa en los frenos ni en la dirección, sin embargo, la evolución del REV, el **R-AEB** (*Reverse Autonomous Emergency Braking*) sí que tiene la libertad de actuar sobre los frenos cuando en el movimiento de marcha atrás se ha detectado un objeto o peatón y el conductor no está frenando para evitar la colisión, el sistema se toma la libertad de aplicar los frenos para evitar dicha colisión potencial (Fundación Mapfre, 2022c).



Figura 5: Sistema REV marcha atrás (Fuente: [https://www.dgt.es/muevete-con-seguridad/conviertete-en-un-buen-conductor/Sistemas-avanzados-de-ayuda-a-la-conduccion-ADAS-/](https://www.dgt.es/muevete-con-seguridad/conviertete-en-un-buen-conductor/Sistemas-avanzados-de-ayuda-a-la-conduccion-ADAS/))

2.2.3 BSM

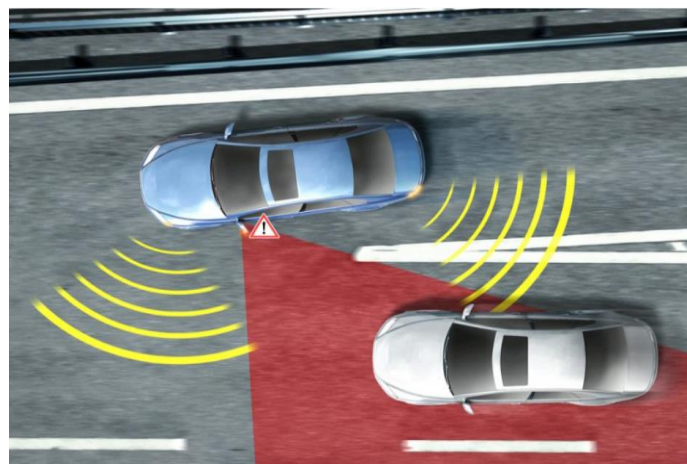


Figura 6: Sensor ángulo muerto (Fuente: <https://www.motorenlínea.es/articulo-741-bosch-y-su-asistente-para-el-angulo-muerto>)

¿Qué es y cuándo se implementó?

Antes de describir el sistema hay que tener en cuenta que los retrovisores son esos elementos que nos permiten visualizar lo que ocurre en la parte lateral y trasera del vehículo, por lo que han de estar bien regulados. Aunque la visión de los tres retrovisores nos permite visualizar la zona posterior y parte de la lateral, hay un punto (a partir del montante B del vehículo) donde no es posible ver que o quien hay.

Por ello, en 2005, Volvo introdujo este sensor y con el paso de los años, los vehículos de media y por supuesto de alta gama del resto de marcas, han ido añadiendo acorde al objetivo de aumentar la seguridad en la vía pública.

Este sensor de ángulo muerto son los ojos que le faltan al conductor, controlando la parte trasera y lateral del vehículo para evitar colisiones, sobre todo, cuando se quieren efectuar cambios de carril.

¿Cómo funciona?

Este sistema se compone de varios radares en la parte trasera del vehículo, los cuales son de medio/largo alcance y un sistema de cámaras en ambos retrovisores exteriores. Estos sensores, al detectar un vehículo u objeto, envían una señal a la centralita y ésta genera un aviso acústico dentro

del habitáculo, combinado con una luz en la esquina del retrovisor (color amarillo cuando está el vehículo y en rojo cuando está lo suficiente cerca para provocar una colisión). Otro sistema usado para avisar al conductor es mediante vibraciones en el volante.

Este sistema tiene especial protagonismo cuando se desea hacer un cambio de carril, ya que, al activar el intermitente, se le otorgan varias funciones para evitar la colisión, pero esta mejora en el BSM se comentará más adelante.

¿Qué limitaciones tiene?

- Durante el día, el sistema reconoce a los vehículos por la silueta y por la noche los reconoce por los faros, por eso si circulamos de noche y el vehículo que se aproxima no lleva los faros encendidos, no lo detectará.
- La presencia de agua, nieve o barro en la zona de los radares o en las cámaras, puede provocar una mala detección de los vehículos.
- Si hay peatones o ciclistas en la vía, es posible que el sistema no los detecte debido a su volumen reducido
- Puede dar falsos avisos con elementos de seguridad de la vía como un guardarraíl.
- Las condiciones del asfalto (muy mojado) y el sol en el horizonte (amanecer o atardecer), puede provocar un reflejo en la cámara y la sombra del propio vehículo puede provocar que no se detecten vehículos que se aproximan o generar falsos elementos, de los cuales sí va a avisar al conductor (Motor en Línea, 2024).

2.2.4 FCW+P+C

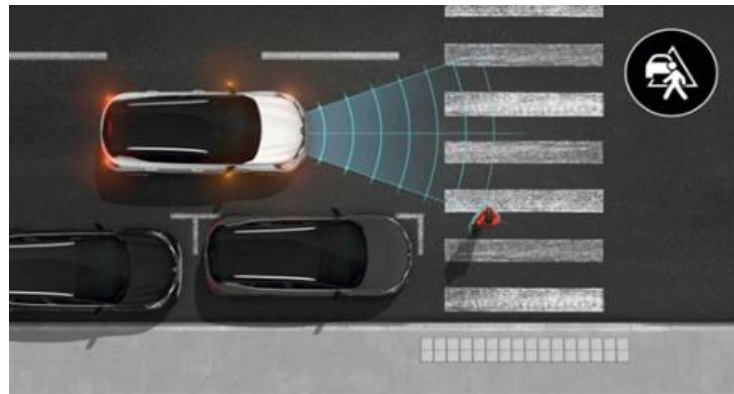


Figura 7: Sistema anticolidión frontal (Fuente: <https://www.hoy.es/motor/advertencia-colision-frontal-20191104002015-ntvo.html>)

¿Qué es este Sistema?

El *Forward Collision Warning+Person+Cyclist*, mejor conocido como Sistema Anticolisión Frontal es un sistema preventivo que reduce el riesgo de sufrir una colisión frontal contra vehículo, persona o ciclista. Este sistema tiene dos formas de actuar, con un aviso acústico esperando la reacción humana o con un accionamiento del sistema de frenos de manera autóctona debido a la no actuación por parte del conductor.

¿Cómo funciona?

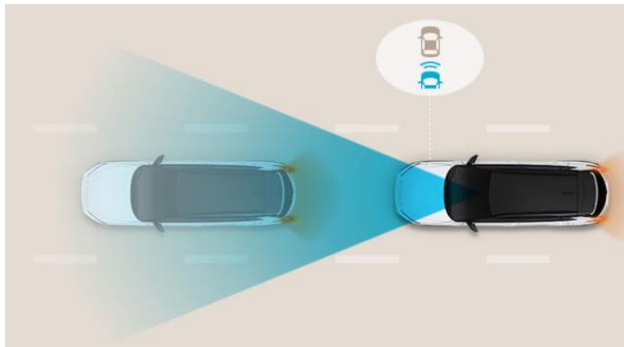


Figura 8: Sistema Anticolisión Frontal (Fuente: <https://www.hyundai.com/pacific/en/find-a-car/kona-electric/safety#none>)

- Examina la distancia que hay entre el propio vehículo y el obstáculo que le precede mediante el uso de los radares que tiene colocados en el interior del paragolpes frontal.
- Una vez lo ha detectado, calcula la diferencia de celeridad entre ambos vehículos junto con la distancia que los separa, así puede determinar si existe el riesgo de que se produzca una colisión frontal debido a que uno de estos factores es demasiado alto (la velocidad del propio vehículo) o demasiado bajo (la distancia entre ambos elementos).

¿Cuándo fue introducido?

En el año 2003, la empresa alemana BOSCH desarrolló el prototipo de este sistema, pero no fue hasta 2011, cuando la Unión Europea comenzó a homologar este sistema para aquellos vehículos que disponían de control de estabilidad.

¿Cuáles son sus puntos fuertes y débiles?

Este sistema tiene varios puntos fuertes empezando por la capacidad de analizar todo tipo de situaciones y así evitar una colisión frontal con cualquier vehículo o peatón, además, sabiendo que el error humano es un factor común y frecuente, el sistema tiene la suficiente independencia para accionar los frenos en caso de que el conductor no lo haya hecho en el periodo estimado.

No obstante, debido a que es un software, se ha de llevar actualizado para que no cometa errores en la lectura y análisis de la situación. Para finalizar, es importante remarcar que este sistema prioriza la acción humana, lo que quiere decir que no será capaz de evitar el 100% de los impactos frontales, debido a que el tiempo de reacción que le otorga al conductor a veces es clave para empezar a frenar (POLO, 2019).

2.2.5 LDW



Figura 9: Asistente de Cambio Involuntario de Carril (Fuente: <https://www.autofacil.es/tecnologia/sistema-denominado-ldw/182649.html>)

¿Qué es y cómo funciona?

El *Lane Departure Warning* o Asistente de Cambio Involuntario de Carril es un sistema de lectura continua de las marcas viales de la calzada mediante los sensores infrarrojos ubicados en la parte frontal del vehículo y cámaras ubicadas en los retrovisores que se encargan de leer la calzada.

Cuando se produce un cambio de carril sin utilizar las señales de intermitencia, el sistema determina que se está haciendo un movimiento involuntario y entonces se requiere avisar al conductor para rectificar dicha maniobra. Las señales que el sistema emite son:

- Testigo luminoso en el cuadro de instrumentos
- Vibración del asiento del conductor
- Señal acústica para potenciar la importancia de la señal luminosa
- La última actualización para este sistema consiste en una indicación en el cuadro de instrumentos de la dirección a la que el conductor debe girar el vehículo (representado en la figura 9)

¿Qué componentes forman este sistema?

1. **Unidad electrónica de control (ECU):** se encarga de recibir los datos de los sensores y determinar si el vehículo está circulando correctamente o se requiere alguna acción correctiva.
2. **Sensor del estado del intermitente:** su función es bien clara, saber si el intermitente ha sido accionado cuando se está efectuando un cambio de carril, si no es así, se enviará la información a la ECU para avisar al conductor.
3. **Sensor de límite de carril:** analiza de forma continua la posición del vehículo respecto de las líneas de limitación de carril.
4. **Interfaz vehículo-conductor:** es la cantidad de medios o herramientas que el sistema tiene para comunicarse con el conductor, estas herramientas previamente comentadas, tienen componentes luminosos, sonoros y vibratorios.
5. **Indicadores del estado del sistema:** tienen la tarea de auto diagnosticar el sistema y evaluar que todos los componentes están actuando correctamente, en caso de que hubiese alguna anomalía, se envía un mensaje en el cuadro de instrumentos para avisar al conductor.

¿Qué limitaciones tiene?

- **Carreteras con marcas viales en mal estado:** en ocasiones, se circula por vías que tienen las marcas viales desgastadas, esto dificulta identificar los carriles que la componen y hay

veces que la propia carretera ni siquiera tiene esa delimitación. Tanto para el conductor como para el sistema LCW, es difícil identificar ese cambio de carril involuntario, por eso, el sistema puede dar avisos que no concuerdan con la acción que estás realizando por la estrechez de la vía o por un imprevisto en la misma.

- **Circular a velocidad baja:** cuando el vehículo circula con tráfico lento o está frenando para estacionar, aparece un aviso en el cuadro de instrumentos de que el sistema está desactivado.
- **Carretera en condiciones adversas:** en estas circunstancias, el sistema alerta al conductor de que va a estar desconectado debido a que los sensores infrarrojos no van a ser capaces de leer correctamente las marcas viales, aunque van a aportar información para otros sistemas del vehículo. Si el coche tiene cámaras en los retrovisores, tampoco van a ser usadas para leer las líneas debido a que las condiciones no permiten una lectura correcta y puede dar información errónea.

Por último, hay que nombrar unos de los problemas de las vías mojadas, la reflexión de la luz del sol. Cuando en la vía hay demasiada agua y el sol está alto, la reflexión es tan agresiva que las líneas no van a poder ser detectadas correctamente y el sistema quedará inhabilitado para no dar falsos avisos (Mateos, 2020).

2.2.6 AEB

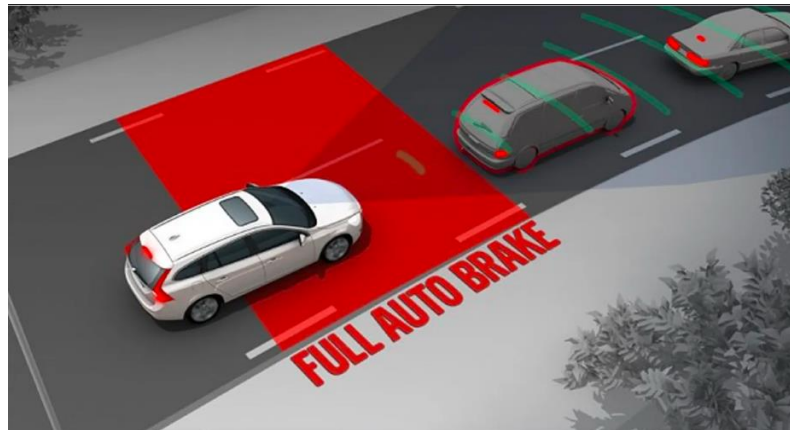


Figura 10: Emergency brake (Fuente: [AEB ó sistema de frenada autónoma \(motor.es\)](#))

¿Qué es?

Este Sistema llamado *Autonomous Emergency Brake* o Frenada Autónoma de Emergencia, consiste en la capacidad que tiene el vehículo de reducir la velocidad con total independencia cuando detecta riesgo de colisión y sin que el conductor tenga que intervenir. Este sistema suele tener asociado otro en paralelo conocido como *Emergency Signal System* o Aviso de Frenada de Emergencia, el cual alerta al vehículo que está detrás que se está ejecutando una frenada de emergencia mediante señal lumínica.

¿Cómo funciona?

El sistema AEB dispone de la información del entorno del vehículo siendo esta recogida por la cámara frontal colocada en el parabrisas delantero, los radares en el interior del parachoques frontal y la información del propio vehículo, proporcionada por el sensor de posición del pedal del acelerador y del freno.

Cuando se detecta el peligro el sistema emite una señal acústica y luminosa, esta última muy representativa para avisar al conductor de la necesidad de frenar para evitar la colisión, no obstante, si el usuario no ha empezado a frenar, el vehículo aplicará la presión máxima al sistema para que el vehículo pueda detenerse en el menor tiempo posible.

Cuando se está produciendo esta acción, es posible que el vehículo al que se precede no interprete que es una frenada de emergencia para evitar una colisión, por ende, se podría provocar una colisión posterior. Para evitar este suceso, sale a brillar el ESS previamente comentado, el cual detecta que se está aplicando una máxima presión en los frenos y gracias a esta información, el sistema activa los 4 intermitentes en forma de parpadeo para que el vehículo que viene detrás pueda ser alertado con más claridad y evidencia de una frenada de emergencia.

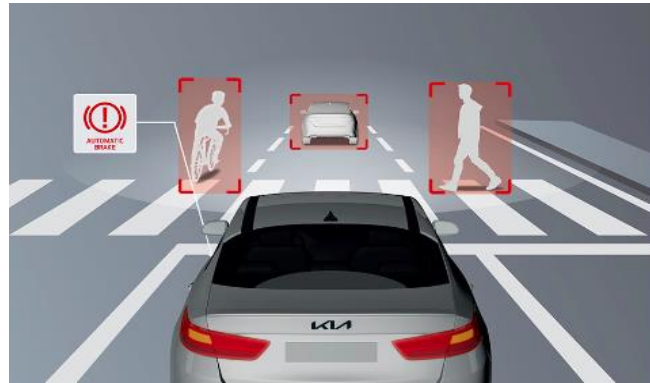


Figura 11: Aviso de Frenado de Emergencia (Fuente:<http://www.asboc.es/2017/11/la-frenada-automatica-de-emergencia.html>)

El sistema de AEB tiene una característica peculiar y es que en función de la velocidad a la que se circula, analiza qué presión debe ejercer en el sistema de frenos para poder evitar la colisión frontal. Esta distinción se hace sobre los 50km/h, por debajo de esta velocidad detecta que es un ambiente urbano, por lo que la presión ejercida va a ser menor ya que la velocidad a la que el vehículo se mueve también lo es y la mortalidad del accidente que se puede provocar.

Por encima de esta velocidad, el sistema considera que se está circulando en una vía interurbana o autopista, cuya información pone a tono al sistema sobre el margen que le puede otorgar al usuario para que empiece a frenar y lo que debe tardar el AEB para ejecutar la frenada de emergencia.

Como es de esperar, este sistema no trabaja sólo, ya que la tendencia de estos últimos años para hacer más segura la vía pública es asegurar la correcta detección de peatones y ciclistas. Para esta tarea está el sistema FCW+P+C comentado previamente que es quién envía la información de un obstáculo delante del vehículo, dicha información es recogida por la unidad del ECU y le envía la señal al AEB para que actúe (Riego, 2012).

2.2.7 TSR



Figura 12: Sistema de reconocimiento de señales de tráfico (Fuente: *Sistema de reconocimiento de señales TSR, imagen - tuteorica*)

¿Qué es?

Consiste en un avisador automático sobre las señales que existen en la vía en la que se está circulando, desde los límites de velocidad, símbolos de prohibición o maniobras obligatorias.

Este sistema fue implementado en 2008 en el BMW serie 7, de la mano de Continental y Ayonix con el objetivo de detectar y avisar de los límites de velocidad de la vía pública. Con el paso de los años y la evolución alcanzada, los vehículos que tienen sensores de lluvia también influyen en el TSR indicando la velocidad máxima recomendada en función de las condiciones exteriores.

¿Cómo funciona?

El vehículo dispone de una cámara situada en la parte trasera del espejo retrovisor interior, cuya función es detectar señales circulares de la vía y enviar esta información al tablero del conductor para indicar alguna limitación o restricción.

Pero el TSR no solo se limita a leer y proyectar señales, ya que su intervención es necesaria para el resto de los sistemas que hay en el coche. Sus funciones empiezan con la que se ha comentado, el reconocimiento de señales, a su vez tiene en cuenta la información otorgada por el sistema de navegación, así es capaz de confirmar que la señal procesada está en la vía que se circula y, para completar, revisa los datos del vehículo a tiempo real.

Con esta información disponible, el sistema solo va a proyectar aquellas señales que sean relevantes para el tipo de conducción que se está haciendo en ese momento (Administrador, 2019).

2.2.8 RCTA



Figura 13: sistema de alerta tráfico cruzado trasero (Fuente: *Alerta de tráfico cruzado - Fundación MAPFRE (fundacionmapfre.org)*)

¿Qué es?

Este sistema se encarga de alertar al conductor de cualquier vehículo que se acerca por la zona lateral-trasera del coche cuando se está realizando la maniobra de marcha atrás. Esto otorga varias ventajas, sobre todo en estacionamientos en batería o semi batería, donde no se tiene la visibilidad para ver si hay riesgo de colisión con otro vehículo en el momento de abandonar la plaza.

¿Cómo funciona?

Con el uso de los sensores de ultrasonidos de la parte exterior del paragolpes trasero y con la ayuda del radar en el interior de este para la detección de peatones, los ultrasonidos son capaces de empezar a detectar un vehículo a unos 20 metros de distancia. Cuando el sensor de marcha

engranada envía la señal de que la marcha atrás está seleccionada, el RCTA emitirá una señal acústica y visual en la pantalla, para indicar el posible peligro de colisión debido a otro vehículo.

Si el peligro se ha detectado pero el sistema ve que no se está presionando el pedal de freno para evitar la colisión pasados 2 segundos del aviso acústico y visual, envía un aviso al BSM para que ejecute una frenada de emergencia.

El sistema se va a desactivar cuando se circule a más de 15 km/h o cuando se apague el motor (Fundación Mapfre, 2022a).

2.2.9 DDR



Figura 14: Aviso más común del sistema DDR (Fuente: <https://www.motor.es/noticias/asi-funciona-detector-fatiga-distraccion-conductor-vehiculo-202395039.html>)

¿Qué es?

Este sistema tiene la función de detectar el nivel de cansancio del conductor para así evitar un posible accidente debido al factor humano. Este sistema no tiene una actitud intrusiva sobre los mandos del vehículo, pero tiene una elevada relevancia debido a que las distracciones son la principal causa de accidentes.

¿Cómo funciona y cuantos componentes tiene?

Este sistema advierte al conductor de la somnolencia y el peligro de distracción al volante, pero para detectar eso necesita ciertos sensores en varios mandos y ubicaciones del habitáculo. Los componentes que lo forman son:

- **Sensor en el volante:** se encarga de analizar la presión ejercida sobre el mismo con las manos y también los movimientos que se han ido realizando, como movimientos bruscos o un lento desvío. Estos últimos son avisadores de que el conductor no está en plenas facultades.
- **Control de estabilidad:** en este caso, no revisa la pérdida de tracción que ha padecido el vehículo, sino los cambios bruscos de giro y de aceleración, dos indicadores de que el conductor no está gestionando correctamente el vehículo, además, ayuda al sensor de volante a verificar esos movimientos inusuales que está sufriendo.
- **Cámara de visión delantera:** en consonancia con lo comentado, los movimientos bruscos son los principales indicadores de somnolencia que el vehículo puede percibir, no obstante, no todos los indicadores provienen del interior del habitáculo, también se analizan los exteriores.
Ahí es donde entra la cámara delantera, la cual detecta la cantidad de veces que se pisan las líneas que delimitan el carril, esto se analiza para reconocer un sistema de somnolencia o distracciones.
- **Cámara de reconocimiento facial:** colocada en el interior del habitáculo, es capaz de analizar el exceso de parpadeo, las expresiones de cansancio como la frecuencia de bostezos o el desvío de la mirada de forma reiterada.

Para advertir al conductor lo puede hacer mediante varios métodos como, por ejemplo, con señales luminosas en el cuadro de instrumentos con una peculiar taza de café acompañado de un texto que aconseja descansar (Lois, 2023) .



Figura 15: Mensaje del sensor de somnolencia (Fuente: [Así funciona el detector de fatiga y distracción del conductor en el vehículo \(motor.es\)](#))



Figura 16: Resumen del DDR (Fuente: [Así funciona el detector de fatiga y distracción del conductor en el vehículo \(motor.es\)](#))

2.2.10 LKA



Figura 17: Asistente de mantenimiento de carril (Fuente: <https://www.coches.net/noticias/que-es-el-asistente-de-mantenimiento-de-carril/>)

¿Qué es?

Este sistema se encarga de analizar la posición del vehículo respecto a las líneas de delimitación del carril y se encarga de corregir cualquier movimiento involuntario que implica una invasión del carril colindante. No obstante, este sistema no se va a activar siempre y cuando se use el intermitente, así se le da a entender al sistema que el cambio de carril es intencionado, aunque se puede desconectar por el conductor una vez se arranca el motor, haciendo menos segura la estancia en la vía pública.

¿Cómo funciona?

Este sistema cuenta con sensores infrarrojos y una cámara en el limpiaparabrisas, esta última se encarga de informar en directo del estado del vehículo respecto las líneas del carril, cuya información sobre las limitaciones es otorgada por las cámaras colocadas en los retrovisores exteriores, que son los elementos que primero van a estar encima de estas.

Cuando se recibe el aviso de invasión del carril colindante, el sistema activa un sistema de emergencia. Este empezará con señales visuales en el cuadro de instrumentos, seguido de ciertas vibraciones en el volante y alguna señal acústica para reforzar la luminosidad.

Si el vehículo incluye el sistema más avanzado (desde el 2022 debe ser obligatorio), cuando estas advertencias no han provocado la corrección de la posición del vehículo, el sistema toma el control de la dirección durante un instante para volver a colocar al vehículo en su posición correcta. Si el conductor no quiere que la maniobra de corrección se efectúe, debe girar el volante con mayor fuerza y el sistema deja de actuar sobre la dirección.

¿Es posible que este sistema falle?

Aunque se trate de un sistema vanguardista, tiene situaciones en las cuales no es capaz de actuar con claridad y dependerá del criterio del conductor. Estas situaciones son:

- Si las líneas están borradas o desdibujadas
- Factores climáticos como lluvia intensa, niebla o nieve pueden alterar la lectura, aunque lo más común es la existencia de suciedad en el parabrisas
- Curvas demasiado cerradas donde es necesario invadir el carril de sentido opuesto para realizarla con seguridad
- Cuando el sol produce un brillo muy severo en el parabrisas (Soria, 2022).

2.2.10 ACC



Figura 18: Gestión de la distancia de seguridad del ACC (Fuente: <https://www.vwcanarias.com/es/blog/control-de-crucero-adaptativo.html>)

¿Qué es?

El *Advanced Cruise Control* o mejor conocido como control de velocidad adaptativo, es un sistema que gestiona de forma automática la velocidad del coche para poder mantener una distancia de seguridad con el vehículo que le precede.

Esto se produce gracias a la incorporación de radares en la parte frontal del coche, los cuales son los encargados de detectar los vehículos que están circulando a menor velocidad y así, reducir la velocidad del propio coche para poder mantener la distancia de seguridad. Una vez se rebasa dicho obstáculo, se volverá a alcanzar la velocidad establecida previamente.

Este sistema, en su última actualización, ha recibido la incorporación del sistema *Global Navigation Satellite System* (GNSS), el cual ayuda al vehículo a saber su posición en la vía y así confirmar cual es la velocidad máxima de ésta. Esta ayuda tiene una ventaja y una desventaja, la parte buena es que, en caso de accidente, el vehículo es fácilmente localizable debido a la conexión que tiene mediante red 5G, no obstante, este sistema va a tener pérdidas de rendimiento cuando se atraviesen túneles o se circule por zonas de edificios muy elevados y juntos.

¿Cómo funciona?

Para poder describir correctamente este sistema, es mejor hacerlo explicando lo diferentes componentes que lo constituyen:

- **Módulo del ACC:** su principal componente es el radar, qué como se ha comentado previamente, se encarga de gestionar la distancia de seguridad con el vehículo predecesor.
- **ECU motor:** recibe la información del módulo del ACC y su función es controlar la velocidad del vehículo mediante el acelerador.
- **Módulo del ABS:** este sistema se encarga de monitorizar la velocidad a la que se circula y tiene la potestad de activar el sistema de frenado. En función d la información proporcionada por el módulo ACC, se van a accionar o no.
- **Panel de instrumentos:** se encarga de procesar la información recibida por los módulos anteriores y monitorizar para que el usuario la pueda visualizar.

Para los vehículos automáticos con sistema Stop & GO, el ACC se puede activar desde 0 km/h, sin embargo, para vehículos de transmisión manual, sólo se podrá activar a partir de 30 km/h. En ambos casos, el ACC se puede desactivar pulsando el botón correspondiente ubicado en el volante, tocando el pedal de freno o, en los coches manuales, pisar el embrague también lo desactiva.

¿Cuándo es recomendable usarlo y qué ventajas tiene?

Este sistema se recomienda usarlo en tramos de buena visibilidad, durante una carretera llana y sin que haya curvas peligrosas, debido a que en este último escenario la visibilidad suele ser escasa y la velocidad continuada puede ser un riesgo de accidente.

También se recomienda usarlo en condiciones óptimas de clima, evitando las lluvias extremas, la niebla y, por supuesto, la nieve. No obstante, cabe remarcar que se debe usar en velocidades legales y sensatas, debido a que, si se supera la velocidad legal en la vía, el sistema va a recorrer más metros de los que debería para desconectarse y eso puede ser motivo de accidente.

Por último, se recomienda el uso en vías dónde el tráfico sea leve, ya que el riesgo de accidente es menor y las distancias de seguridad suelen ser siempre superiores a las requeridas, dejando claro que no se debería usar en vías urbanas e interurbanas, dónde el tráfico suele ser más denso

Después de conocer este sistema y dónde sí y no se recomienda su uso por una cuestión de seguridad, el ACC conlleva múltiples ventajas, nombradas a continuación:

- Conducción eficiente, reduciendo de forma considerable el consumo de combustible.
- Conducción más cómoda y segura teniendo fijada la velocidad a la que se circula
- Para los viajes largos es muy útil ya que se reduce el cansancio en las piernas y, por ende, el riesgo de somnolencia
- Se aumenta la probabilidad de respetar los límites de velocidad, debido a que no se altera dicha velocidad durante el trayecto por un error humano.

- La conducción se vuelve mucho más segura debido a una correcta gestión de la distancia de seguridad en todo momento (J. A., 2019).

El último punto para comentar de este sistema de ayuda a la conducción es de los más importantes a la par que interesante, ya que el vehículo contiene una función llamada *Traffic Jam Assist (TJA)*, la cual gestiona la conducción en situaciones de retención en las autopistas, siendo capaz de arrancar y detener el vehículo si fuese necesario.

Esta función permite la no intervención del conductor y la completa gestión de los mandos por parte del vehículo hasta los 40 km/h, teniendo en cuenta que el resto de los sistemas del vehículo como el LKA y el ACC están ayudando a mantener el vehículo en el carril y manteniendo la distancia de seguridad con el coche que le precede.

Una vez la retención llega a su fin y el vehículo puede circular por encima del límite del TJA, envía un aviso al conductor para que recupere el control de los mandos y reanude la marcha con total normalidad.



Figura 19: Uso del TJA (Fuente:Lexus)

2.2.11 PAP



Figura 20: Demostración del sistema PAP (Fuente: https://www.elconfidencial.com/motor/tecnologia-y-motor/2021-10-19/renault-advanced-park-assist-tecnologia_3308345/)

El *Parking Assistance Package*, mejor conocido como Asistente de aparcamiento activo es un sistema que facilita realizar la maniobra de estacionamiento ayudando al conductor a entrar y salir de la plaza. Esto no se traduce en un estacionamiento autónomo, ya que el conductor debe estar gestionando los pedales y, en su defecto en un coche manual, el cambio de marchas.

Cuando se quiere usar este sistema, el conductor debe pulsar el botón correspondiente y mantener una velocidad no superior a 30 km/h. El sistema se va a encargar de buscar una zona de estacionamiento correcta para el tamaño del vehículo, cuya información es proporcionada por los sensores y cámaras que el coche tiene a su disposición.

Una vez se ha encontrado la plaza, el vehículo indicará en el panel de instrumentos como el conductor debe colocar el vehículo para la entrada. Una vez colocado, el conductor deberá gestionar los pedales y el vehículo se encargará de la dirección, haciendo así el giro más recomendable para reducir el número de maniobras necesarias.

Por último, aunque el sistema no tiene accionamiento sobre los pedales o la caja de cambios, sí que puede recomendar el cambio de relación si lo considera oportuno (Casero, 2021).

2.3 Niveles de autonomía

Catalogar a los vehículos desde los años en los que se empezaron a dar estas etiquetas de nivel de autonomía, describiendo qué características tiene un coche de ese nivel (ADAS, accesorios, etc), poner ejemplos de cada uno de estos vehículos para facilitar la comprensión al lector, así como acabar con una tabla resumen sobre cada uno de los niveles para tener una visión más global sobre este concepto.

Para poder catalogar a los vehículos en nivel de autonomía que son capaces de asumir, se ha seguido la norma que regula esta clasificación, la SAE J3016, revisada el año 2021. Debido a la cooperación con una empresa del sector de la automoción, se ha podido acceder a esta norma con el fin de traer información valiosa y certificada acerca de este contenido.

Esta norma clasifica los vehículos en función de la DDT (*Driving Driver Task*) o mejor dicho, las tareas de conducción que debería hacer el propio conductor, pero que el coche toma la responsabilidad de ejecutar estas correctamente (García Álvarez, 2023; RACE, 2022a).

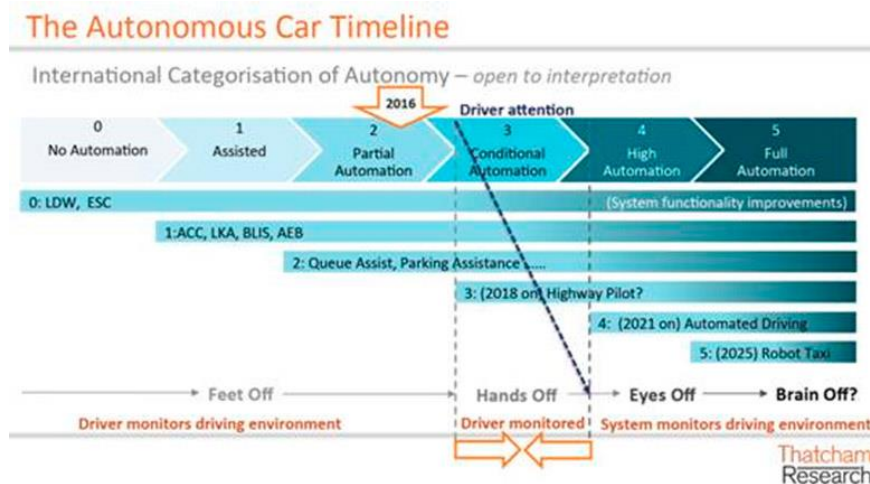


Imagen correspondiente a la: Charla coloquio: "Cómo afectará la conducción autónoma a los conductores"

Figura 21: Esquema de la clasificación de los niveles de autonomía (Fuente: <https://www.cea-online.es/blog/213-los-niveles-de-la-conduccion-autonoma>)

A continuación, se exponen los diferentes niveles de conducción autónoma registrados junto una tabla resumen para ayudar a su comprensión. Esta información ha sido extraída del documento SAE J3016

2.3.1 Nivel 0

Esta categoría está compuesta por aquellos vehículos que no tienen ningún sistema autónomo incorporado. La conducción depende en su totalidad de la ejecución del conductor y no constan como

sistema automatizado de conducción los sensores de aparcamiento o el encendido de las luces de emergencia cuando hace una frenada de emergencia.

2.3.2 Nivel 1

En este nivel de autonomía catalogado como Asistencia en la conducción, el vehículo es capaz de gestionar los movimientos laterales y longitudinales de forma alterna. Estos movimientos se traducen en varios sistemas de ayudas muy concretos, uno de ellos es el asistente de mantenimiento de carril (LKA), capaz de devolver al coche a la posición correcta si la maniobra no se ha efectuado después del aviso (movimientos laterales).

El segundo sistema es el control de velocidad, que puede ser adaptativo o no. Los primeros coches no eran capaces de regular su velocidad de forma independiente, pero poco años después con la ayuda de radares y cámaras se obtuvo el sistema adaptativo (ACC)

Para aquellos vehículos más evolucionados pero que siguen estando considerados de nivel 1, tienen a su disposición ayudas como el avisador de ángulo muerto (BSM) o la frenada de emergencia cuando la velocidad del vehículo que nos precede decrece de forma drástica o en la detección de un peatón en mitad de la calzada (AEB+P).

2.3.3 Nivel 2

En este nivel el vehículo ya es capaz de gestionar los movimientos laterales y longitudinales al mismo tiempo. Para estos vehículos, se añaden varias ayudas más, entre ellas, el asistente de aparcamiento donde el conductor ya no necesite gestionar los pedales, sino que el coche se encarga también de ellos. También contienen un asistente de conducción muy útil en atascos, el cual es capaz de mantener la distancia con el vehículo que le precede mediante las cámaras y radares de los cuales dispone.

Algunos ejemplos de tecnologías de conducción de este nivel serían el *Tesla Autopilot*, *Volvo Pilot Assist* y *Audi Traffic Jam Assist*, siendo estas tres las que más relevancia tienen debido a ser las pioneras en implementarlo en sus vehículos de alta gama

Por último, tiene una mejora del asistente de carril, pero en este caso ya no solo es capaz de avisar, sino también de corregir dicha posición para retomar la correcta.

2.3.4 Nivel 3

Este nivel es el punto de inflexión para un vehículo autónomo, debido a que estos tipos de vehículos ya disponen de más sensores, cámaras, radares. Estos accesorios dan al vehículo toda la información del entorno, así es capaz de poder gestionar todos los elementos necesarios para poder realizar una conducción sin la necesidad de intervención humana. No obstante, este tipo de conducción requiere de una supervisión del ser humano que está dentro, debido a varios factores que el vehículo no puede predecir.

Algunos problemas que se puede encontrar son las calzadas que tienen las líneas borradas o en mal estado, esto dificulta conocer la correcta posición del vehículo en la vía, las condiciones climáticas pueden dificultar la correcta lectura de la calzada o de las restricciones de la vía o alguna modificación en la carretera por obras, un factor que el vehículo no tiene apuntado y requiere de una modificación de velocidad y, en ocasiones, un desplazamiento lateral del coche.

Un ejemplo de vehículo con el grado 3 de conducción autónoma es el Audi A8, pero sólo es capaz de realizar dicha conducción en ambiente urbano.

2.3.5 Nivel 4

A partir de este nivel, el conductor es una figura que pasa a ser prescindible. El coche es capaz de conducir sin la necesidad de que haya intervención humana. Como en el nivel 3 se ha comentado, en condiciones climatológicas adversas o en modificaciones de la calzada el vehículo pedía la supervisión del conductor, pero en este nivel 4, el coche es capaz de gestionar estos momentos siguiendo los protocolos con los que se ha configurado.

La gran diferencia respecto los niveles anteriores sucede cuando el usuario requiere de retomar los mandos para conducir, por qué el vehículo tiene la potestad de entregar los mandos al usuario en el momento que se solicita o esperar a realizar dicha cesión para que sea de una forma segura.

2.3.5 Nivel 5

Es el último nivel y, por tanto, la automatización total. Son coches que ya no tienen ni volante, ni pedales porque ellos mismos se controlan sin necesidad de que una persona actúe en ningún momento.

Tabla 1: resumen de los niveles de conducción autónoma

Level	Name	Narrative Definition	Lateral+Longitudinal Vehicle Motion Control	OEDR	DDT Fallback	ODD
0	No Driving Automation	The performance by the driver of the entire DDT, even when enhanced by active safety systems.	Driver	Driver	Driver	n/a
1	Driver Assistance	The sustained and ODD-specific execution by a driving automation system of either the lateral or the longitudinal vehicle motion control subtask of the DDT (but not both simultaneously) with the expectation that the driver performs the remainder of the DDT.	Driver and System	Driver	Driver	Limited
2	Partial Driving Automation	The sustained and ODD-specific execution by a driving automation system of both the lateral and longitudinal vehicle motion control subtasks of the DDT with the expectation that the driver completes the OEDR subtask and supervises the driving automation system.	System	Driver	Driver	Limited
3	Conditional Driving Automation	The sustained and ODD-specific performance by an ADS of the entire DDT with the expectation that the DDT fallback-ready user is receptive to ADS-issued requests to intervene, as well as to DDT performance-relevant system failures in other vehicle systems, and will respond appropriately.	System	System	Fallback ready user (becomes the driver during fallback)	Limited
4	High Driving Automation	The sustained and ODD-specific performance by an ADS of the entire DDT and DDT fallback without any expectation that a user will need to intervene.	System	System	System	Limited
5	Full Driving Automation	The sustained and unconditional (i.e., not ODD-specific) performance by an ADS of the entire DDT and DDT fallback without any	System	System	System	Unlimited

		expectation that a user will need to intervene.				
--	--	---	--	--	--	--

2.3.6 ¿Qué inconvenientes tienen los vehículos de AD Level 3-5?

- **Precio:** debido a la cantidad de tecnología que requieren estos vehículos, los costes de producción se han incrementado, por ende, el precio de las reparaciones y el de venta al público también. Este suele ser uno de los factores más críticos, no solo para vehículos de nivel 4, sino también para aquellos eléctricos con vanguardistas ayudas, pero que no están al alcance de todos los bolsillos.
- **Infraestructura:** para que la tecnología de los vehículos autónomos funcione y dejen de ser relevantes los conductores, todos y cada uno de ellos han de comunicarse entre sí para garantizar la correcta y segura circulación. Esto que parece muy sencillo de explicar y de sentido común, es el principal impedimento para estos vehículos, ya que no solo se ha de garantizar la comunicación entre coches, sino la correcta interpretación de los elementos de la vía (señales, peatones, marcas viales)
- **Problemas en el sistema:** aunque se está trabajando de forma exhaustiva para poder conseguir vehículos de nivel 4 y 5 100% funcionales, el objetivo sigue estando lejos debido a la complejidad y los problemas que van surgiendo.
- **Mucho mantenimiento:** los vehículos autónomos tienen un software y hardware complejo que requiere de actualizaciones y revisiones periódicas que garanticen el correcto funcionamiento. Este tipo de revisiones salen de lo conocido hasta ahora y seguramente tendrán una duración más extensa que las de los vehículos actuales.
- **¿Privacidad o no?:** estos vehículos están localizados en todo momento, ya que necesitan conocer las limitaciones de las vías en las que se circula. Además, no solo se conoce la posición, sino también la velocidad a la que se circula. Es posible que sea un tema de debate al no conocer a ciencia cierta cómo y dónde se usa esta información que se recoge *on live*.
- **¿Son más seguros?:** esta pregunta puede traer roturas de cabeza, ya que se ha descrito al vehículo autónomo como el encargado de hacer más segura la circulación por la vía pública... siempre y cuando este tenga conexión a internet y detecte la señal GPS. Estos dos detalles son poco conocidos sobre estos vehículos, pero son de vital importancia para que el coche sea capaz de seguir con la conducción autónoma. Aunque la mayoría de los desplazamientos se realizan en vías rápidas y con buena conexión, hay momentos en los que la segunda residencia está ubicada en zonas rurales, lo que induce a redes de conexión débiles y, se traduce a problemas para el software con el procesamiento de datos.

3 Metodología

3.1 COMPONENTES DE LAS ADAS: LOS OJOS DEL COCHE AUTÓNOMO



Figura 22: Ubicación de los componentes del vehículo autónomo de nivel 5 (Fuente: *ADAS Full Form: A Guide to Advanced Driver Assistance Systems / Spinny Magazine*)

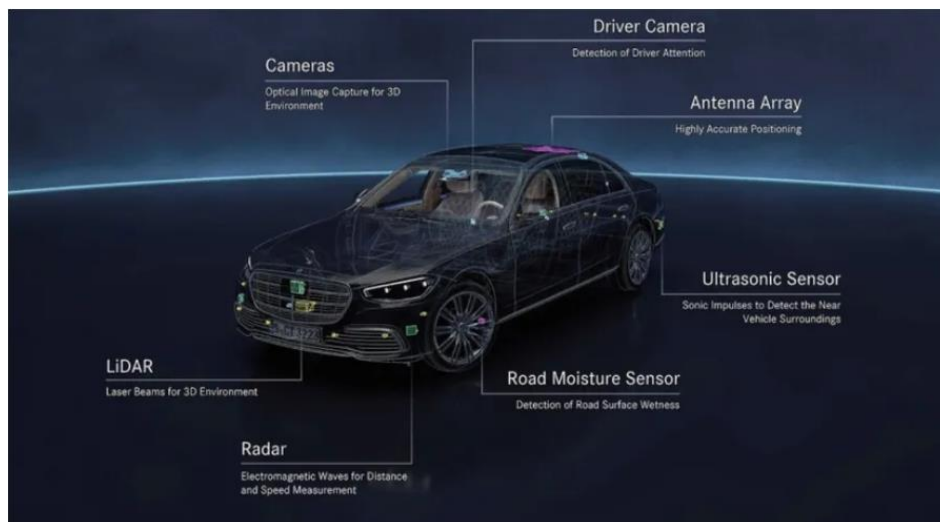


Figura 23: Sistema Drive Pilot de Mercedes-Benz (Fuente: <https://computerhoy.com/tecnologia/son-niveles-conduccion-autonoma-1229224>)

3.1.1 Radar:

¿Qué es?

Un radar (*Radio Detection and Ranging*) es un sistema que se encarga de medir velocidades y distancias mediante el envío y la recepción de ondas entre un emisor y un receptor. En los vehículos, se utilizan para detectar la distancia a la que está el coche que le precede y calcular la velocidad a la que circula para determinar si hay riesgo de colisión. Esta función es utilizada en la función *Adaptive Control Cruise* (ACC).

¿Cómo funciona?

Este sistema funciona mediante el efecto Doppler, el cual consiste en la interacción entre varias ondas cuando se produce un cambio de frecuencia. Los radares funcionan mediante la emisión y recepción de ondas electromagnéticas, las cuales rebotan contra los objetos que están acercándose o alejándose del objeto.

Existen dos tipos de radar que se usan de forma simultánea en el sistema ACC, empezando por el *Far Range Radar*, el cual es capaz de detectar objetos a una distancia hasta 200 m, con un ángulo de $\pm 8^\circ$. El segundo tipo es el *Shorter Range Radar*, con una distancia útil hasta 40 m y un ángulo de detección de $\pm 16^\circ$. Debido a estos datos, es importante decidir correctamente la colocación de ambos componentes para que la combinación de los mismos sea la más efectiva posible. Es por ello, que se colocan en la parte frontal del vehículo, algo desviados del centro del paragolpes para aprovechar los ángulos de detección que tienen. (Mohammed & Horváth, 2024)

Cuando el coche que precede se está acercando debido a una deceleración o un aumento de la propia velocidad, la frecuencia con la que se están recibiendo las ondas aumenta, lo que se traduce a una reducción de la distancia entre objetos. En cambio, si esta frecuencia aumenta, lo que traduce el radar es un aumento de la distancia, por ende, un aumento de seguridad.

Pero este sistema debe ser capaz de calcular dicha distancia y también la velocidad relativa a la que está circulando el vehículo que está delante, para ello es importante explicar los 3 componentes que lo forman:

1. **Antena:** Su función es permitir la emisión de las ondas electromagnéticas
2. **Transceptor:** Se encarga de generar la señal a enviar y reconocer aquella que vuelve al impactar con el objeto.
3. **Procesador:** Como su nombre indica traduce las señales recibidas de las ondas a las medidas de velocidad y distancia deseadas. (Drivecar.es, 2023)

Gracias al procesador, los radares obtuvieron la posibilidad de ser usados en los vehículos para definir qué forma tiene el objeto que está delante además de los dos parámetros comentados. Esto es posible al efecto que tienen las ondas cuando impactan contra el objeto y vuelven que, en función de la forma de este, las ondas son recibidas con frecuencias diferente. (Freire, 2023)

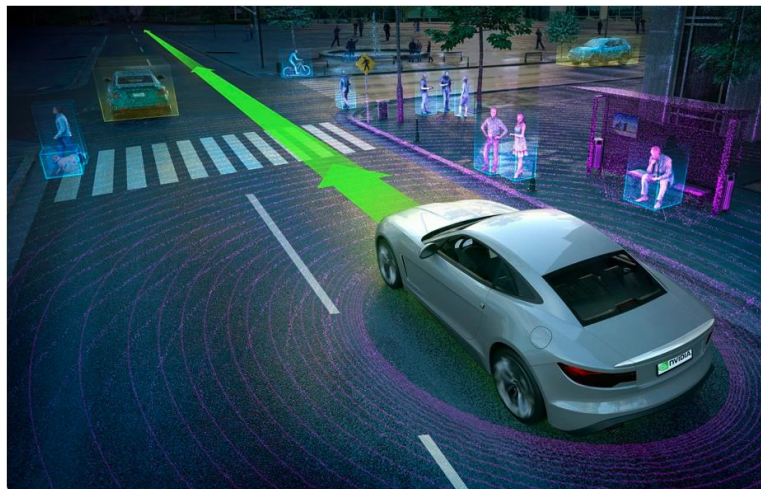


Figura 24: Sistema de radar y Lidar (Fuente: <https://www.cam2.com.pe/single-post/sistemas-de-radar>)

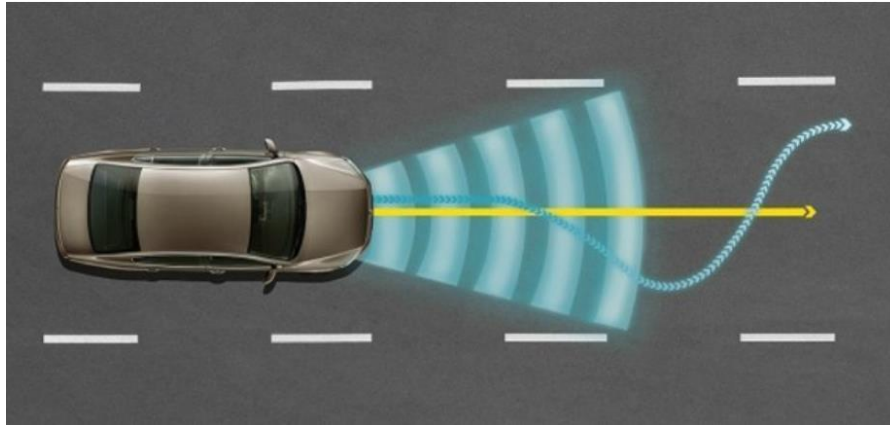


Figura 25: Uso del radar en los coches (Fuente: <https://www.xataka.com/automovil/sistemas-de-deteccion-en-los-coches-para-evitar-accidentes>)

3.1.2 LiDAR

¿Qué es?

Este sistema llamado *Laser Imaging Detection And Ranging* o lo que viene a ser lo mismo, un detector de objetos mediante un sistema de detección láser. Esta tecnología consta de un sensor que emite partículas de luz de forma constante, conocidas como fotones, que rebotan contra los objetos que hay en la vía y vuelven al sensor del sistema.

Este retorno de los fotones el sistema lo utiliza para registrar el tiempo que han tardado en hacer el recorrido, así se puede calcular la distancia a la que se encuentra el objeto que está delante. (IBM, 2022).

Existen dos tipos de tecnologías usadas en estos dispositivos, una de ellas es conocida como *multi-beam*, que consiste en una cantidad de secciones que son emisoras y receptoras de haces de luz y la otra opción es conocida como *scanning*, el cual consiste en un sistema mecánico con un transmisor y un receptor.

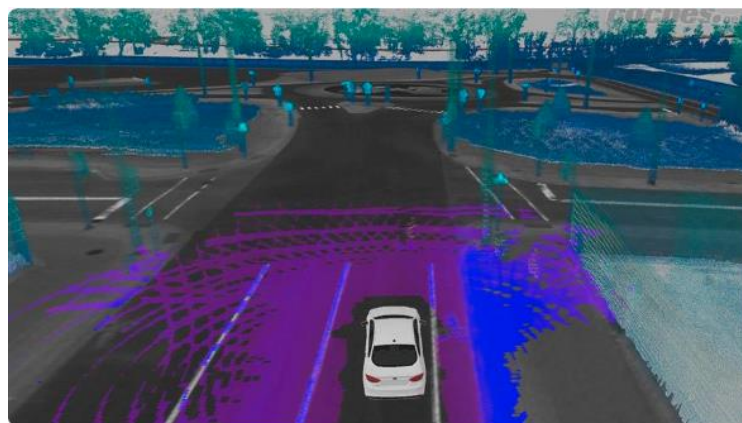


Figura 26: Mapa generado por el LiDAR (Fuente: [¿Qué es un LIDAR y como funciona? | Noticias coches.net](#))

¿Cómo funciona?

Este sistema es muy útil debido a lo que es capaz de hacer con esos millones de puntos de luz que utiliza para detectar el entorno. Gracias a esto, el LiDAR es capaz de generar un mapa 3D sobre el entorno del vehículo, esto le permite al sistema calcular no solo la distancia de los vehículos que circulan, sino que puede medir la velocidad relativa a la que se circula y medir si se ha de frenar el propio coche para mantener la distancia de seguridad.

¿Limitaciones y ventajas?

La mejor baza de este sistema es la fiabilidad. Debido a la cantidad de puntos de información que le llaman *nube de puntos*, el sistema es capaz de detectar cualquier movimiento y enviar la señal al resto de sistema para remediar el riesgo.

Este sistema son los “ojos” del vehículo, no solo por estar ubicado en el techo del coche apuntando hacia el frente, sino que al poder trabajar en un rango de onda más corto que un radar puede realizar una simulación del entorno en las tres dimensiones. Los componentes que lo forman son un emisor que envía los puntos láser y un receptor que recibe dichos puntos para procesar la información

La imagen generada consta de millones de puntos en colores vivos sobre un fondo negro, donde se recopila una masiva cantidad de información, tal que al vehículo le es posible trazar la trayectoria más idónea según sus parámetros con precisión milimétrica. No obstante, hay que añadir la ayuda del sistema de GPS que le permite al vehículo conocer su posición en todo momento con exactitud.

Esta tecnología ha ido evolucionando para poder ser instalado en los vehículos venideros con nivel de autonomía superiores al 2 que es el más común actualmente. El LiDAR tiene un alcance de 250 metros y pueden identificar una figura humana, tanto peatón como ciclista, y animales. Lo más interesante no es solo tener clara su presencia, sino poder prever la dirección que tomarán para evitar la colisión.

Estos dispositivos tienen la capacidad de detectar un objeto hasta 170 m de distancia y con un ángulo de visión horizontal hasta 170°. Como bien se puede intuir, este ángulo horizontal no es suficiente para poder hacer el mapa completo del entorno del vehículo, por eso se requiere de 2 o incluso 3 LiDAR para tal fin. Actualmente solo se utiliza uno para monitorizar el entorno frontal y el resto del entorno está siendo analizado por el resto de los componentes.

Una desventaja notable de este componente es su precio, no solo por el elemento físico, sino por el software que requiere para cumplir su función. Además, es un elemento muy susceptible a las inclemencias climáticas ya que los haces de luz que está enviando de forma constante, no son recibidos de forma correcta debido a gotas de lluvia, nieve o incluso vao. Este componente, a diferencia de un radar, necesita de limpieza para garantizar su óptimo funcionamiento.

Hay una desventaja importante, aunque poco común, ya que consiste en confundir al LiDAR enviando haces de luz erróneos para que los receptores entiendan que le precede un objeto diferente. Este tipo de ataque al que está expuesto un vehículo autónomo tienen una eficacia del 80%, no obstante, ya hay software para contrarrestar esto, como por ejemplo CARLO, el cual reconoce los datos recogidos, los filtra, los analiza y verifica que sean los correctos según los patrones de silueta que han de tener los objetos de la vía. Este tipo de “antivirus” que se están desarrollando pueden bajar la efectividad del ataque hasta un 5%. (Sadaf et al., 2023)

Por último, hay que destacar una última ventaja de este sistema, que no necesita luz para funcionar correctamente, ya que es capaz de detectar las formas sin que haya una fuente de luz que le dé nitidez. Esto además lo realiza con haces infrarrojos, que no son perjudiciales para el ojo humano. (Dalmau, 2021; Ibáñez, 2017)

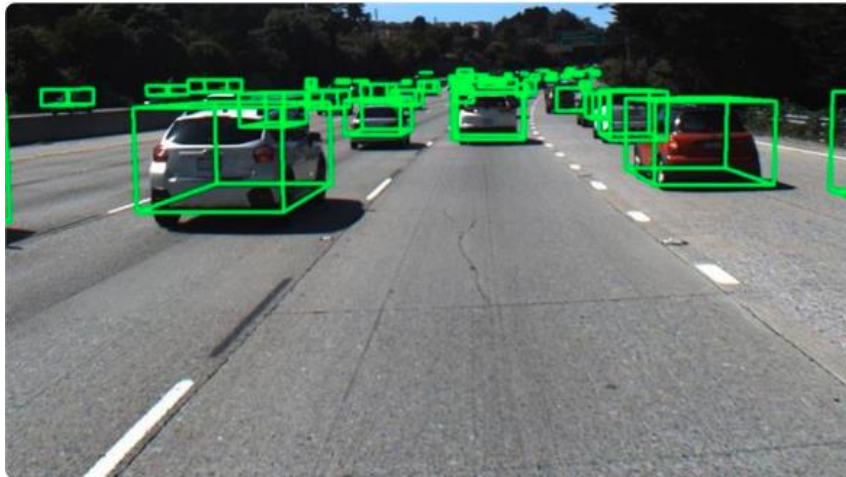


Figura 27: Detección de objetos predecesores (Fuente: [¿Qué es un LIDAR y como funciona? / Noticias coches.net](#))

3.1.3 Retrovisores con cámara

¿Qué es?



Figura 28: retrovisores del Audi e-tron (Fuente: [Audi e-tron: así funcionan sus retrovisores de cámara / Auto Bild España](#))

Esta revolución en los retrovisores ha sido impulsada por AUDI en el año 2018, pero tengo el gran honor de estar en la empresa que lo desarrolló. Se trata de sustituir los retrovisores convencionales, por dos cámaras integradas en el chasis complementadas por dos pantallas táctiles en el interior del habitáculo que muestran lo que dicha cámara está viendo.

¿Cómo funciona?

Para entender mejor cómo funciona este CMS (Content Management System), se empezará por lo que a cualquier persona le llama la atención, la forma de los retrovisores. Estas siluetas que salen como ramas del chasis del vehículo, tienen detrás un estudio de aerodinámica muy importante, haciendo que el coeficiente de penetración del vehículo (C_x) descienda hasta un valor de 0.24. Los brazos son plegables, acción que se realiza cuando se estaciona y se cierra el vehículo.

Respecto las cámaras que llevan integradas, se asegura que la seguridad aumenta debido al campo de visión que tiene, mucho más grande que el convencional espejo, tal que elimina el ángulo muerto y el anti-deslumbramiento, muy importante cuando se realiza una conducción nocturna.

Las cámaras que llevan integradas envían la información a dos pantallas OLED de 7 pulgadas en un tiempo prácticamente instantáneo, ubicadas en el interior del habitáculo justo encima de las manetas de las puertas. Estas pantallas son táctiles lo que permite ajustar la cámara manualmente en función de algunos parámetros.(Herráez, 2019)

¿Limitaciones y ventajas?

Las ventajas de este sistema no son otras que la eliminación del ángulo muerto y el efecto anti-deslumbramiento, son dos elementos que aumentan comodidad y seguridad de la conducción. También hay una ventaja que no se ve tan fácilmente, el factor aerodinámico, el cual coopera junto a las líneas del coche a reducir el consumo de combustible a altas velocidades.(Pareja, 2018)

3.1.4 Sensores con ultrasonidos



Figura 29: Sistema de ultrasonidos en funcionamiento (Fuente: [Todo lo que debes saber sobre los sensores ultrasónicos antes de comprar un auto nuevo | Noticias | Kia Perú](#))

¿Qué es?

Estos sensores utilizan una tecnología basada en impulsos ultrasónicos en modo combinado de emisión y recepción de dichas ondas. Las señales emitidas rebotan en el objeto generando un eco que rebota hacia los receptores. Esta señal es amplificada y transmitida hacia la unidad de control.

¿Cómo funciona?

Un algoritmo en la unidad de control determina la distancia que hay hasta el obstáculo por la diferencia de tiempo que ha habido entre la emisión y la recepción. Cuando la distancia entre el vehículo y el objeto es de 150 cm, el sistema emite una señal acústica con una frecuencia de pitido muy baja, pero cuando la distancia se va reduciendo, la frecuencia del pitido va incrementando hasta llegar a los 20 cm de separación, donde se convierte en un sonido continuo, el cual pone al conductor en alerta por el riesgo de colisión. Las señales que se envían son del orden de los 18 kHz, una frecuencia invisible para el ser humano.

¿Limitaciones y ventajas?

Este sistema funciona cuando la marcha atrás está engranada, digamos que, para la acción de estacionamiento, pero también cuando el vehículo está circulando, ya que se encuentran también en el parachoques delantero, lo que ayuda a prevenir una colisión con algún peatón u obstáculo de la vía. No obstante, estos sensores tienen un mínimo de distancia para ser capaces de detectar la presencia del objeto, lo que conlleva a que todos los objetos que pueden ser peligrosos en la trayectoria no serán avistados por el coche hasta que estén a mínimo 160cm de distancia. Otra limitación que tienen es la altura que han de tener los objetos, ya objetos que estén por debajo de la posición del sensor, es posible que no sean detectados, como bordillos o elementos de seguridad de lugares de estacionamiento.(HELLA, 2024).

Cuando el vehículo se encuentra en un atasco, los sensores de ultrasonidos deberían estar avisando al ocupante de los peligros que hay alrededor, pero lo que hace el sistema es reducir el tiempo mínimo de detección para que los sensores no envíen el aviso. Esto no lo considero una desventaja, pero que avisen por un objeto que no existe cómo un saliente o una rampa, son situaciones incómodas y elementos que no provocan un impacto frontal.

Además, marcas como Tesla, VW, Ford o Audi han realizado ensayos para demostrar la eficacia del sistema de sensores de ultrasonidos y han visto que el vehículo puede confundirse cuando está detectando un peligro potencial, pero el conductor no está realizando ninguna acción para poder evitarlo. Esta confusión se produce en vehículos de nivel 2 y 3, los cuales aún tienen dependencia por el conductor, aunque es un riesgo potencial ya que el vehículo debería priorizar su propia integridad antes que la aprobación humana.

3.1.5 Cámaras

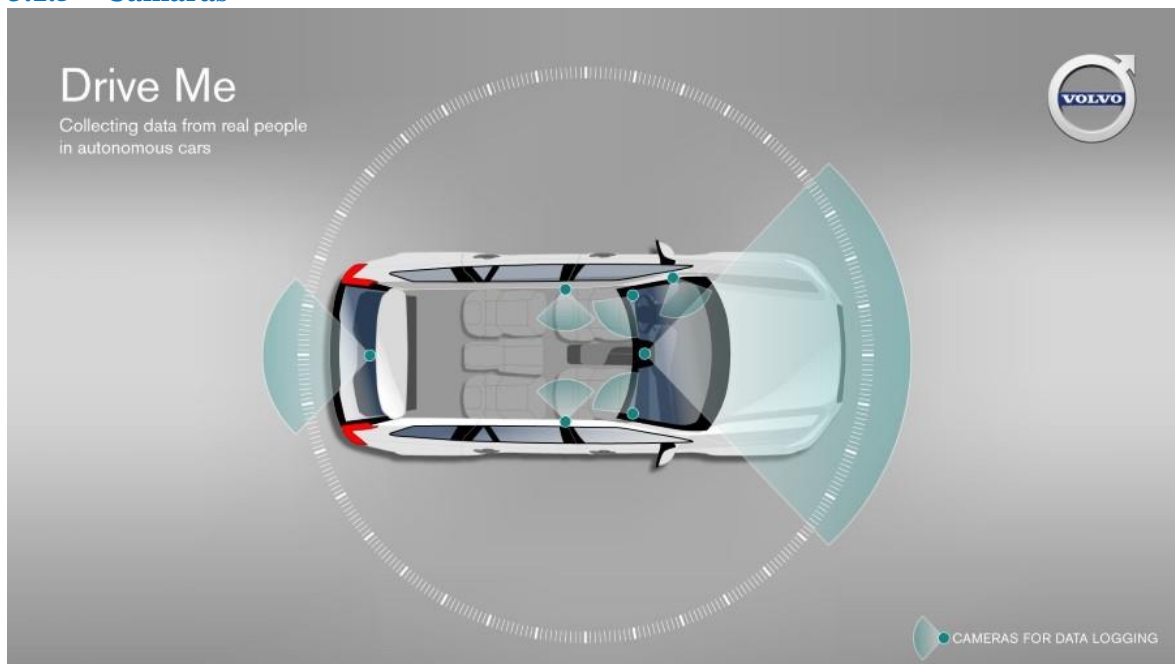


Figura 30: Ubicación de las cámaras en un vehículo autónomo (Fuente: <https://tecvolucion.com/es-el-lidar-imprescindible-en-los-coches-autonomos/>)

¿Qué son y que función hacen?

Estos componentes son exactamente iguales que una cámara convencional, pero están asociados a un software que permite leer e interpretar todo aquello que hay en su campo de visión. Como se puede apreciar en la figura 34, en un vehículo hay varias cámaras, cada una con funciones diferentes. La que más llama la atención es la que está ubicada en la parte superior del parabrisas, la cual es la que el vehículo utiliza para identificar señales de tráfico, semáforos y más detalles que se explicarán más adelante.

Hay dos cámaras que están apuntando hacia el interior del habitáculo, generalmente se utilizan para verificar que el conductor no está teniendo signos de somnolencia, para ello, la cámara registra movimientos en ojos y cabeza y dentro de su algoritmo programado, sabe si está ocurriendo un episodio de dicho fenómeno. Por último, las dos cámaras posteriores y la que se encuentra en la parte trasera del vehículo tienen la función de entregar la información del entorno del vehículo al LiDAR para que sea capaz de generar el mapa 3D del entorno del vehículo.

Para hablar de las funciones que realizan, me voy a centrar en la frontal, la cual tiene el protagonismo de tener a su cargo funciones no subordinadas al LiDAR. Esta cámara sirve para identificar semáforos y señales de tráfico, pero también ayudan a identificar la posición de un vehículo u objeto. El único problema importante que tienen es su debilidad contra luces muy deslumbrantes, como puede ser la

del sol debido al reflejo sobre un vehículo y el que provocan las luces delanteras de otro coche cuando ese circula en sentido opuesto al propio.

Esta debilidad es tal, que un estudio del MIT con la colaboración del Google Autonomous Car, demostró esta desventaja y unas pruebas de Tesla lo corroboraron teniendo varios incidentes con garrafas de agua en carretera que la cámara del vehículo ni el conductor pudieron verlas e impactaron en los bajos del vehículo. (Sadaf et al., 2023).

3.1.6 Fusionar sensores

Esta estrategia ha cogido una fuerte tendencia en los últimos 5 años, consiste en recoger la información de varios sensores para aumentar el porcentaje de elementos identificados. Este tipo de sistema se utiliza cuando uno de los sensores tiene un funcionamiento anómalo o por inclemencias no es capaz de trabajar de forma óptima.

Un vehículo autónomo tiene cámaras, LiDAR, radares de infrarrojo cercano (NIR) y de infrarrojo lejano (FIR), pero cuando las condiciones climáticas son de lluvia, nieve o niebla, estos sensores empiezan a perder eficacia. Es por eso por lo que se utiliza un software como DENSE, para la gestión de toda la información de todos los sensores.

En el documento (Kumar & Muhammad, 2023) se explican las pruebas que se han realizado en las condiciones climáticas de lluvia, nieve y con niebla. En estas se hacían varias pruebas para verificar que elementos eran identificados en esas condiciones.

Para poder detectar las líneas de la vía, se complementaba el sistema GPS del vehículo junto con los datos que LiDAR y daré estaban proporcionando. Una vez obtenidos, se pueden combinar estos datos junto a la red de detección de vehículos multimodal (MVDnet). Cuando los datos han sido obtenidos, ellos utilizan varios softwares de detección, el más conocido es YOLO, el cual se encarga de generar las siluetas según los patrones de puntos que se le introduce y, para que sea más preciso, se utilizan dos sistemas más llamados DAWN y ACDC para el procesamiento de los datos.

Los resultados de este documento revelan el potencial de combinar los datos de varios sensores para que el coche sea capaz de identificar más elementos. En condiciones de lluvia, usando uno de los softwares de procesamiento, los datos obtenidos fueron del 74% de los elementos identificados por los radares y el LiDAR. Cuando el software cogió las imágenes recopiladas por el otro software que se estaba testeando, se obtuvo una identificación del 81%, pero lo más fascinante es que cogieron todas y cada una de las imágenes captadas por los sensores y las que estaban procesadas y en total se identificaron el 91% de los elementos.

Este documento es la inspiración del ensayo que he realizado y se explica en este estudio, pero corrobora que el clima es un factor crucial para que un vehículo autónomo pueda circular de forma segura, ya que, en condiciones difíciles, hay elementos que no es capaz de identificar correctamente. Por eso, es importante implementar sistemas de limpieza para cada uno de los sensores y así evitar situaciones de peligro para todos.

4 Planteamiento de problemas y soluciones para los sensores

4.1 Inclemencias en el ambiente

Una vez se han visto los sistemas y aquellos componentes que realizan todas las tareas de recopilación de información para el vehículo, llega el momento de hablar el peligro más significativo para los vehículos de conducción autónoma, la pérdida de esta información.

Esta pérdida de información puede producirse debido a la adherencia de partículas contaminantes que están en el ambiente y por otras que se encuentran en la vía por la que se circula. Algunos sensores como los ultrasónicos o los radares, pueden tener problemas de lectura debido a una película de suciedad que da una medición errónea del objeto que se está acercando, por no decir, que las cámaras o los LiDAR pueden tener una cantidad importante de suciedad que no les permita leer

correctamente aquellos elementos que hay en el entorno del vehículo y, por ende, no ser el coche capaz de gestionar los movimientos correctamente.

Antes de pensar en envolver al vehículo en un traje de burbujas, se exponen la mayoría de las partículas que dificultan las tareas de los sistemas y, una vez identificados y descritos, se va a dar un haz de luz de esperanza describiendo los sistemas de limpieza que se deben usar para solucionar ese apósito indeseado.

Sustancias contaminantes del aire:

Para este estudio, se consideran sustancias contaminantes aquellas que por el tamaño de partícula y su elevada presencia en la vía pública pueden suponer un riesgo para los sensores y las cámaras del vehículo autónomo.

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Monóxido de carbono (CO)
- Hidrocarburos (HC)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Metano (CH₄)
- Ozono (O₃)
- Óxido nítrico (NO)
- Dióxido de nitrógeno (NO₂)
- Amoníaco (NH₃)
- Dióxido de azufre (SO₂)
- Plomo (Pb)
- Material particulado

(Cardona, 2021)

Sustancias en la calzada:

Este tipo de sustancias son consideradas partículas u objetos que se encuentran en el pavimento debido al tránsito de vehículos y el movimiento natural de animales o residuos contaminantes.

Ferodo: esta sustancia es la que forma las pastillas de freno. Esta sustancia puede ser un peligro para los sensores de ultrasonidos de los parachoques cuando la capa de esta es muy densa,

Humo del escape: aunque sus componentes estén en el grupo anterior, hay que comentar la consecuencia que puede provocar en los sensores del parachoques trasero y en la cámara trasera, ya que se pueden generar películas encima de estos componentes, llegando a tal espesor que puede dificultar la correcta visión por la cámara o dar una falsa medida de distancia en los sensores.

Animales: este componente es el más visual ya que el tamaño no es microscópico, pero sí que es uno de los más peligrosos debido a su tamaño. Cuando se dice que es peligroso es para las cámaras y para el LiDAR, debido a que una mancha en las lentes y en su campo de visión, puede generar una falsa lectura si no se remedia.

Sustancias climáticas:

Estas sustancias hacen referencia a todos aquellos agentes climatológicos que pueden afectar a los sensores por el mero hecho de circular a través de ellos.

Agua: parece una incongruencia de considerar a una de las sustancias de limpieza que posteriormente se describe, pero con una intensidad no controlada de esta, puede ser una sustancia que impida el correcto funcionamiento de las cámaras. El principal problema de una lluvia intensa es la capacidad de evacuar esta cantidad de las lentes de cámaras y LiDAR, los cuales no disponen de un sistema limpiaparabrisas.

Puede ser que el propio aire en movimiento ayude a evacuar la mayor parte del agua, pero cuando el vehículo está en un atasco o en un semáforo, también debe ser capaz de analizar el entorno para poder ejecutar los movimientos correctos. Este es otro motivo por el cual se necesitan sistemas de limpieza adicionales para los nuevos componentes

Tierra: esta sustancia no es solo la que se encuentra en caminos no pavimentados, propios de caminos *off road*, sino también el polvo que se mueve con el viento y depositarse una capa en las lentes de las cámaras, situación que puede provocar errores en las decisiones del coche autónomo.

Cuando se tiene en cuenta la tierra más densa, el aire no será el único medio que estos componentes van a necesitar para recuperar una visión clara en su campo de visión, ya que tener esa dependencia de un componente climático condiciona y mucho la seguridad en la conducción. (Fdez Roldán, 2019, 2021)

4.2 Sistema de limpieza

¿Cómo funciona el sensor de lluvia?

Estos sensores se encargan de detectar la cantidad de gotas que caen en el parabrisas delantero, de esta manera puede activar los brazos del limpiaparabrisas para retirar el exceso de gotas sin que el conductor se preocupe de activarlo.

Este sensor contiene dos diodos, uno de ellos es emisor (solo permite la circulación de la electricidad en una sola dirección) y el otro es receptor, ambos instalados en el parabrisas, justo detrás del retrovisor central. El diodo emisor está emitiendo un haz de luz que atraviesa la luna y según los principios de reflexión y refracción, la intensidad y el ángulo de este haz puede variar.

Cuando una gota de agua se ubica encima de este haz de luz, modifica los anteriores parámetros, pero si la cantidad de estas no es muy elevada, el sensor no mandará la orden de activar el sistema. Cuando este haz sufre varias variaciones de ángulo o incluso de intensidad, el sistema manda un aviso para activar el limpiaparabrisas. En función de la frecuencia en la que se está modificando ese ángulo, el sistema interpreta que la intensidad de barrido debe ser mayor o menor.

¿Cómo detectar la suciedad?

Las cámaras y LiDAR que se están utilizando actualmente contienen un sensor que está midiendo la calidad y la cantidad de ángulo de visión que se está utilizando y se recibe información de este.

Cuando este sensor determina que el campo de visión que recoge información es inferior al 60%, el sistema envía una señal a la centralita del sistema de limpieza para que se produzca el lavado de la lente del componente que está perdiendo visión. (Mateos, 2014; Rodríguez, 2022)

(SOLUCIÓN): Sería muy interesante conocer qué tipo de suciedad es la que está provocando la pérdida de visión para conocer qué tipo de ciclo de limpieza es el más idóneo para resolver la situación.

¿Cómo se ha de limpiar el sensor o cámara?

El siguiente sistema explicado, está diseñado por la empresa Vitesco Technologies y lo he cogido como referencia para poder explicar de una forma más visual el sistema automatizado de limpieza que debe ser implementado en un vehículo AD Level 5.

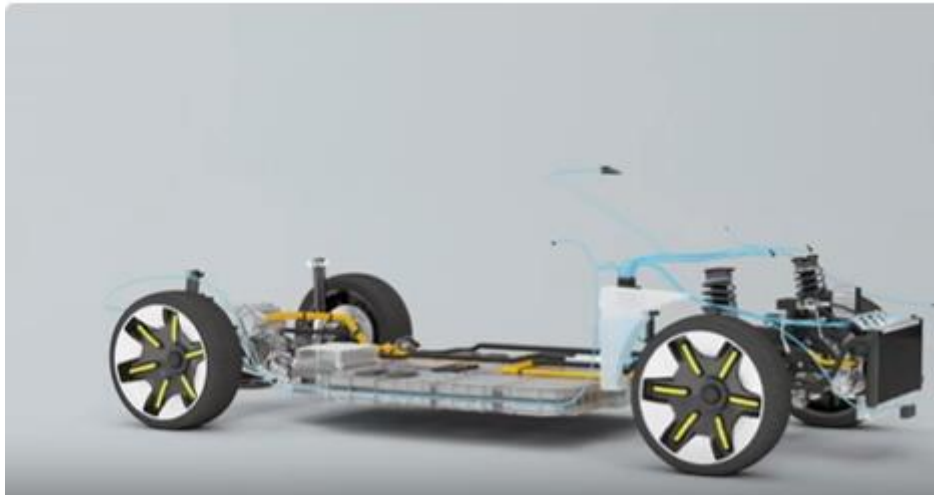


Figura 31: Estructura de un coche autónomo (Fuente: *Vitesco Technologies - Advanced Sensor Cleaning System* (vitesco-technologies.com))

Distribuidor: Para poder limpiar las cámaras y los LiDAR, se necesita que el sistema de limpieza tenga la capacidad de repartir el agua por un ruteado que esté por el vehículo y llegue a cada uno de los componentes que requieren su acción. Este distribuidor puede estar formado por varias bombas, cada una se encarga de enviar el fluido hacia un componente determinado:

- a. Parabrisas delantero
- b. LiDAR
- c. Cámaras
- d. Radares
- e. Parabrisas delanteros

Como ya se sabe, el agua a una elevada presión es capaz de cortar materiales muy duros, de la misma forma, es capaz de remover suciedad que se haya quedado pegada en la lente de estos elementos, no obstante, es importante regular la presión a la que se aplica este ciclo de limpieza para no lastimar los componentes. Los valores de presión a las que el circuito trabaja suelen oscilar entre los 5 y los 7 bares. (Vitesco Technologies, 2024)

Hay otro componente importante, el fluido que se va a usar para limpiar los componentes, ya que es importante ahorrar la mayor cantidad de agua posible.

5 Test de detección del grado de suciedad

En este estudio se va a elaborar una serie de pruebas con la colaboración de la empresa para establecer una relación entre los kilómetros recorridos y la pérdida de visión debido a la acumulación de suciedad que hay en la vía y el ambiente. Para realizarlo, se va a colocar una cámara de aparcamiento trasera tipo Park15 con la ayuda de un soporte diseñado por el alumno y la fabricación mediante impresión 3D en la planta de Ficosá.

La impresión 3D es un formato innovador con múltiples beneficios, entre ellos el ahorro de costes, uno de los factores más importantes cuando se habla de una fabricación en serie de componentes. A continuación, se definen los parámetros del ensayo, los escenarios, las condiciones, el soporte diseñado, la explicación detallada de cada una de las pruebas realizadas y, por último, una tabla de resultados.

Estas pruebas realizadas han sido estudiadas y diseñadas teniendo como referencia ensayos realizados por centros técnicos especializados. ((Kumar & Muhammad, 2023; Mohammed & Horváth, 2024; Sadaf et al., 2023)

5.1 Descripción del ensayo

Este ensayo consiste en analizar la pérdida de visión y rendimiento de los sensores que debe llevar un vehículo autónomo para circular correctamente. Por relevancia en dicha conducción, las pruebas han sido realizadas con una cámara que cumple la función de LiDAR, dando visión al vehículo en la parte frontal y teniendo las mismas dificultades que podría tener este sensor debido al ambiente o a las condiciones de la vía pública.

La primera prueba se realizará en un ambiente urbano con un clima despejado y lejos de la costa, así se descarta la arena de o la sal como inclemencia. El vehículo va a circular entre 0 y 50 km/h y realizado una conducción suave sin alteraciones de velocidad bruscas. Se van a realizar fotos de la cámara cada 5 km recorridos y se van a circular un total de 30 km en estas condiciones. Las fotografías de la cámara se realizarán con el mismo dispositivo y desde la misma posición.

La segunda prueba se realizará en vías interurbanas y vías rápidas (autovía) en condiciones climáticas despejadas. El vehículo circulará entre 80 y 100 km/h realizando tandas de 10 km, hasta completar 60 km en total. Las fotografías de la cámara se realizarán con el mismo dispositivo y desde la misma posición.

La tercera y última prueba se realizará en vías urbanas, pero en condiciones de lluvia o asfalto mojado. La velocidad a la que el vehículo va a circular va a ser la misma que en condiciones de clima seco. Con estas condiciones se espera que el sensor se ensucie con más facilidad, situación que puede disminuir los km necesarios para obtener conclusiones sólidas.

5.2 Justificación del ensayo

Este ensayo tiene como objetivo generar un patrón de limpieza en función de las condiciones climáticas y los kilómetros recorridos, parámetros que van fuertemente asociados con la cantidad de suciedad que se puede adherir a un sensor, cámara o LiDAR.

Este ensayo ha surgido en principal medida por el departamento en el que estoy trabajando, el cual se centra en el diseño de sistemas de limpieza para el vehículo y, ahora mismo, la limpieza de sensores de los coches que están por venir es una prioridad. Es por esto por lo que esta prueba se va a realizar con el fin de justificar la importancia de limpiar estos componentes y, sobre todo, para saber con qué frecuencia debería de hacerse en función de las condiciones en las que se circula.

La importancia de esta prueba se sustenta en la dependencia que tiene un vehículo autónomo de recibir la información del entorno a través de todos y cada uno de los sensores en la cantidad, rapidez y calidad máximas para no perderse detalle. Cuando hay suciedad en un sensor de ultrasonidos, el margen de error es casi imperceptible, pero cuando está en una cámara trasera, en una de visión 360° o en un LiDAR, el problema potencial se incrementa hasta ser un peligro para el usuario y el resto de los vehículos.

Por eso, las pruebas que se ven a continuación tienen una importante relevancia, debido a que, si es posible generar un patrón de limpieza para que el vehículo de forma independiente pueda ejecutar un programa u otro en función del sensor que está perjudicado, el peligro de que no se reciba información se reduce de forma sustancial. De esta manera, este estudio propone que el sistema de limpieza para vehículos autónomos desde nivel 3 hasta nivel 5, deberían tener un sistema automatizado de limpieza gestionado por una ECU y sensores en cada uno de los sensores que están expuestos al exterior. Además, este sistema deberá cumplir con varias premisas a nivel de rendimiento, como son el ahorro de agua y el consumo eléctrico de las bombas, ya que los vehículos con tanta tecnología demandan mucha electricidad y el espacio para baterías es limitado.

5.3 Soporte de la cámara y ubicación

Para realizar estas pruebas se ha diseñado un soporte que fije la cámara a la parrilla del vehículo.

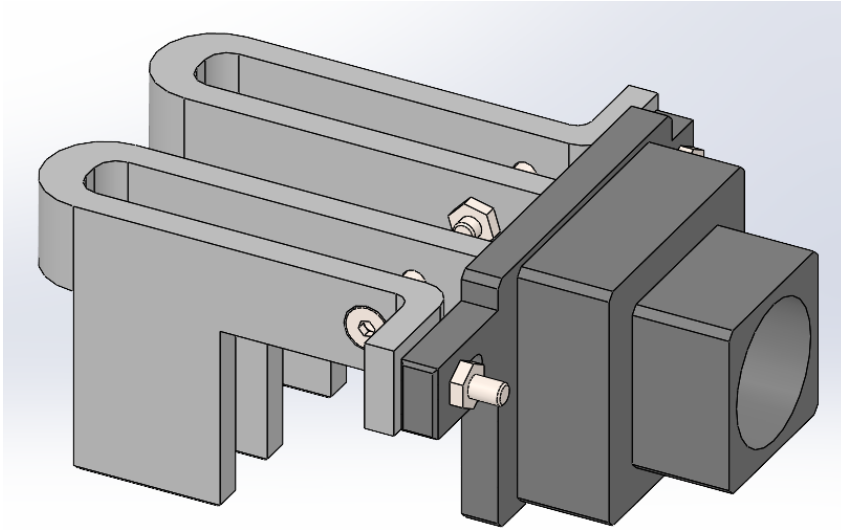


Figura 32: Vista isométrica 1 (Fuente: Solidworks)

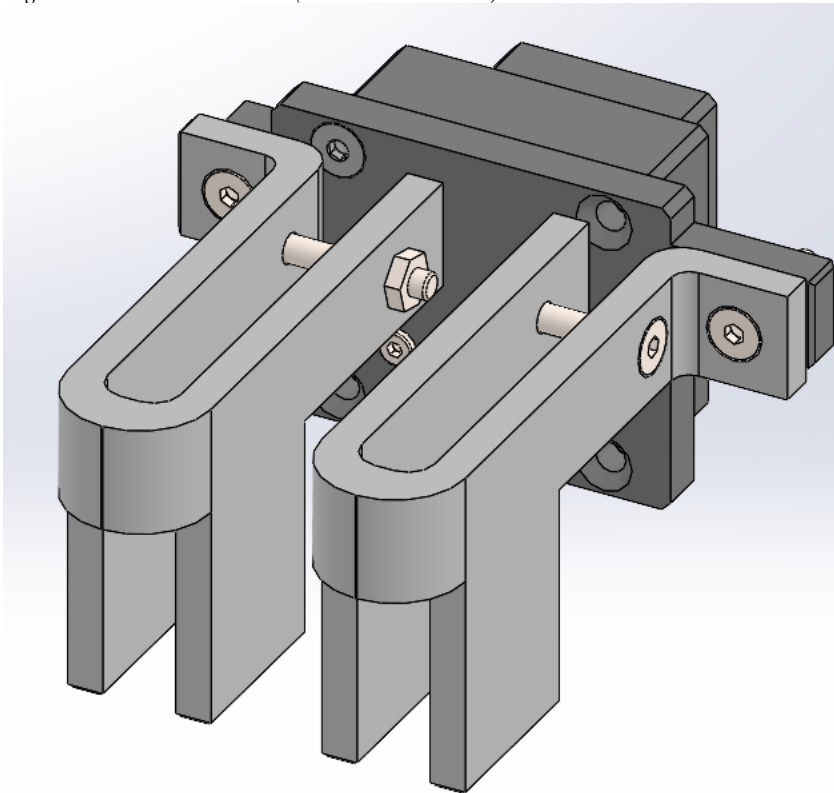


Figura 33: Vista isométrica 2 (Fuente: Solidworks)

Este soporte está formado por 4 piezas:

5.3.1 Carcasa para la cámara

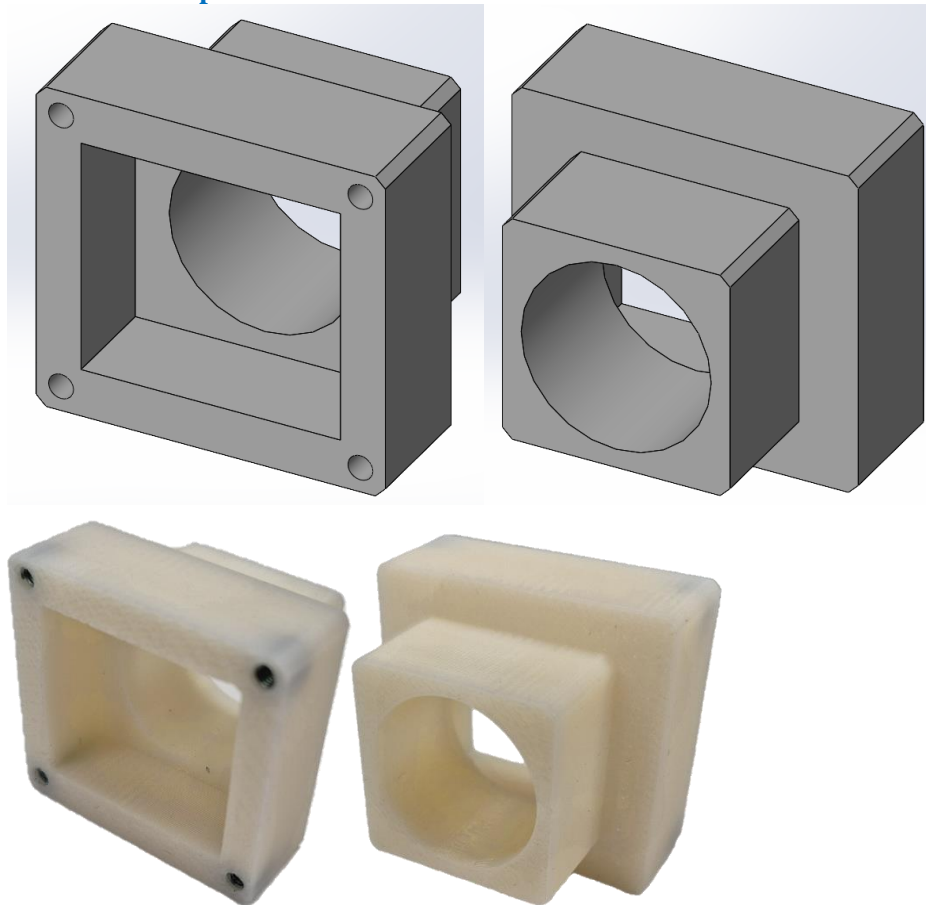


Figura 34: Diseño 3d y fotografías de la carcasa para la cámara (Fuente: Solidworks)

La carcasa se ha diseñado de forma homónima al tamaño que tiene la cámara que va a ir dentro, dejando unas tolerancias de $+0.2$ mm para que la entrada sea posible, sin dañar ambos componentes, pero sin que tenga demasiada facilidad, lo que se traduce en tener un peligroso juego cuando se hacen las pruebas.

Debido a que va a ir en la parte exterior del vehículo y no es un componente homologado, la lente de la cámara no va a sobresalir de dicha carcasa para evitar confusiones con un dispositivo que no es. Además, se han realizado chaflanes de 0.5 mm para que la superficie no sea cortante y un espesor de 4.5 mm para que tenga cierta robustez.

Como consecuencia del material de fabricación, ABS, las roscas que se pueden hacer son muy débiles y no están preparadas para aguantar una unión roscada. Como solución, se han colocado unos insertos de 2.5 mm para poder roscar un tornillo de acero siendo posible la unión.

5.3.2 Tapa posterior

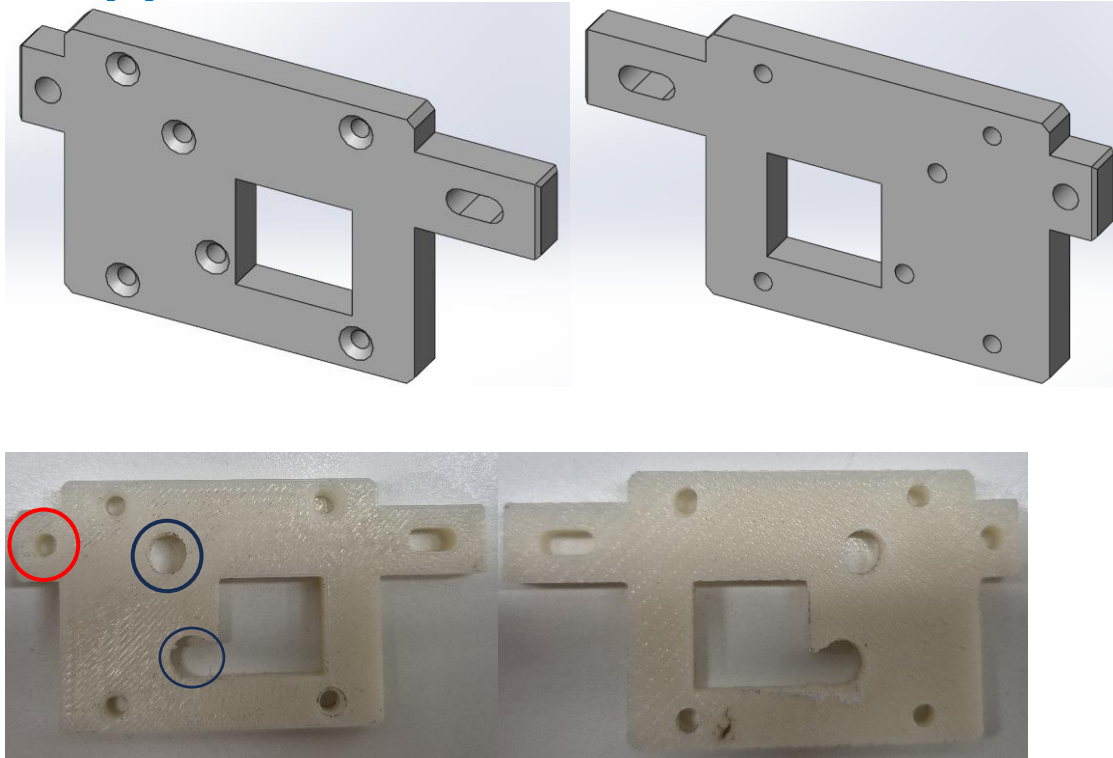


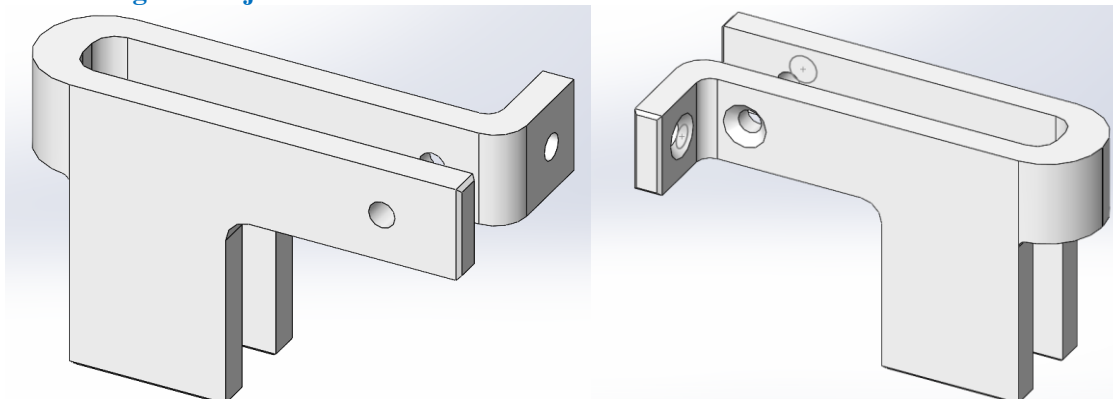
Figura 35: Diseño 3d y fotografías de la tapa posterior (Fuente: Solidworks)

Esta pieza es la más importante del conjunto, ya que se encarga de producir la unión entre las omegas, que se sujetan al vehículo y la carcasa dónde va la cámara. Se une a la carcasa de la cámara por los 4 agujeros de M2 que están en los extremos superiores e inferiores, cuyos acabados son de cabeza avellanada debido a que este tipo de tornillo tiene la ventaja de auto centrarse gracias a la forma cónica de su cabeza.

No obstante, ha habido complicaciones. Los agujeros que están seleccionados en azul inicialmente eran para poder realizar la unión con la cámara, pero generaban mucha inestabilidad al no estar en el centro de la carcasa. Para remediarlo se ha optado por realizar agujeros más grandes y hacer que las torretas queden encajadas en la tapa posterior.

Junto a uno de estos agujeros, hay una ranura cuadrada que permite que la funda de cables de la cámara pase libremente sin generar resistencia y, también, deja que se encuentre la posición correcta para colocar los tornillos. Para terminar, hay 1 agujero de M3 seleccionado en rojo y de forma simétrica hay un coliso, este último ayuda a poder colocar las omegas en la posición más favorable para sujetarse en la rejilla.

5.3.3 Omegas de sujeción



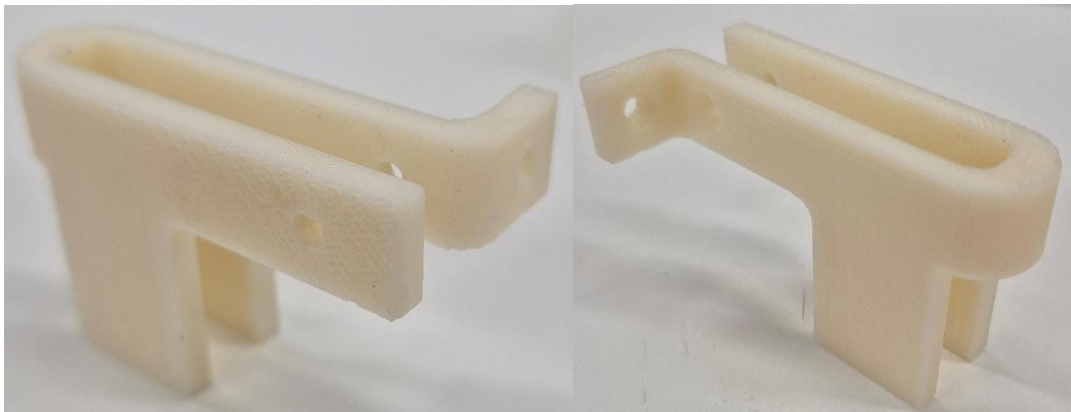


Figura 37: Diseño 3d y fotografías de la omega izquierda (Fuente: Solidworks)

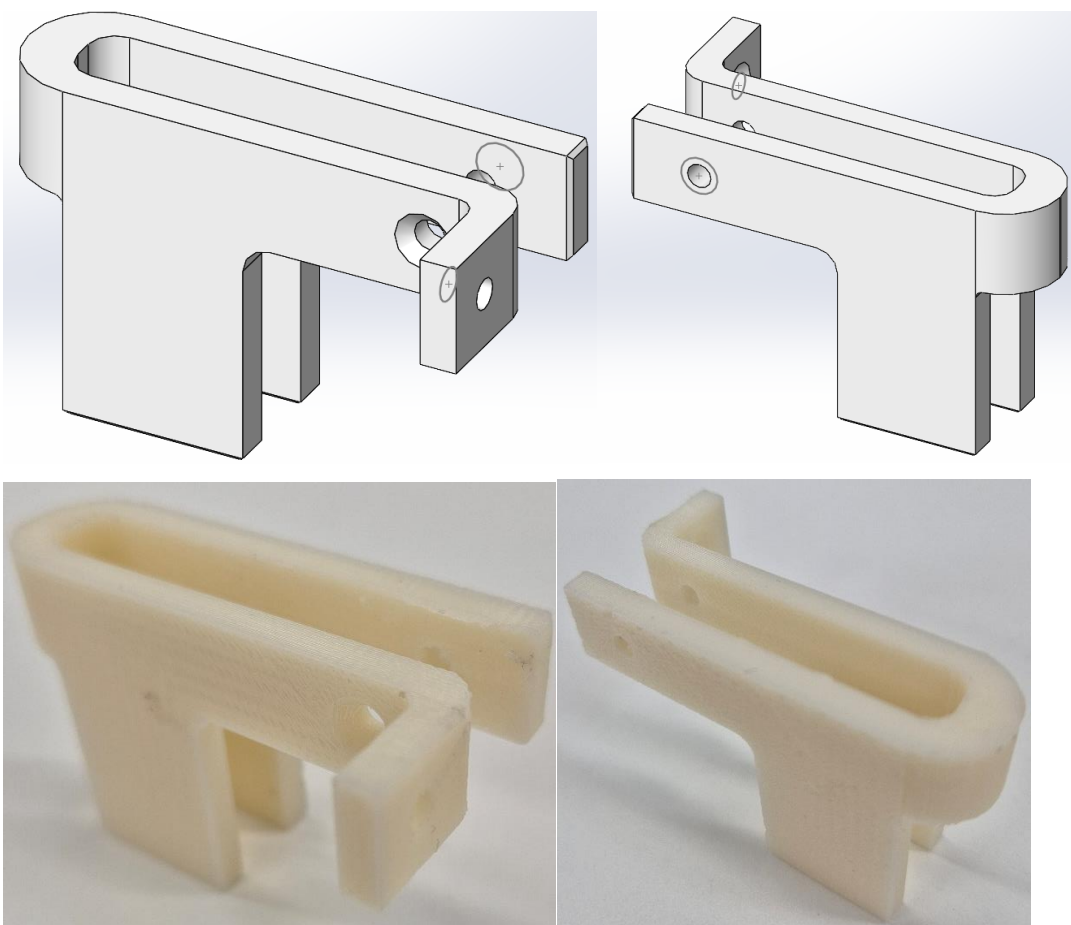


Figura 38: Diseño 3d y fotografías de la omega derecha (Fuente: Solidworks)

Estas dos son las últimas piezas que componen el soporte de la cámara. Su principal función es garantizar la correcta sujeción de la carcasa a la rejilla del vehículo y reducir al máximo el movimiento vertical gracias a las patas que van a estar en contacto con el faldón inferior. El redondeo se ha hecho para que la pieza tenga cierta flexibilidad, esto ayuda a que la fuerza lateral que ha de ejercer contra la rejilla se pueda hacer en toda la pieza y no solo en la zona cercana a la unión roscada.

Sobre la unión roscada encargada de ejercer dicha fuerza de sujeción, esta va a estar compuesta por un tornillo DIN 7991 M3x20 (cabeza avellanada) y una tuerca DIN 934. Al usar una tuerca, se consigue generar la fuerza necesaria prescindiendo del estado de una rosca en la pieza plástica, así la unión tiene una mayor fiabilidad.

5.3.4 Material del soporte

El soporte diseñado ha sido fabricado en un material plástico conocido como ABS y muy común en el sector de la automoción. Este material pertenece a la familia de los termoplásticos y recibe el nombre de *plástico de la ingeniería* debido a la complejidad de su elaboración y procesamiento.

Las propiedades mecánicas de este material son el motivo por el cual se ha escogido en este estudio para elaborar el soporte. Este material está compuesto de tres moléculas que dan forma a su nombre:

- Acrilonitrilo: los bloques de este material les otorgan rigidez y resistencia a altas temperaturas a la par que dureza.
- Butadieno: los bloques de este elastómero proporcionan tenacidad a cualquier temperatura de trabajo, muy útil cuando se ha de trabajar en temperaturas bajas dónde el plástico se vuelve quebradizo.
- Estireno: los bloques de este material refuerzan la resistencia mecánica y la rigidez.

La sinergia de las moléculas convierte al ABS en un material capaz de trabajar correctamente hasta temperaturas de -40°C, además tiene alta resistencia a la abrasión y elevada estabilidad dimensional.

5.3.5 Ubicación del soporte



Figura 39: Soporte montado en vehículo (Fuente: SamsungOscar)

En esta imagen se puede apreciar cual va a ser la posición de la cámara en el vehículo. Su posición es en la zona central de la rejilla de ventilación inferior, justo encima del faldón inferior del paragolpes delantero. Esta ubicación ha sido considerada la óptima por tres motivos:

- Al ser la zona más adelantada del vehículo y más baja, se facilita la captación de suciedad del pavimento, de vehículos que circulan delante o ser conscientes de la contaminación ambiental que está presente.
- El segundo motivo ha sido por un tema de rigidez estructural. La rejilla y el soporte son de plástico, ambos materiales no tienen una elevada rigidez, pero el faldón sí. Colocando el soporte apoyado en varios puntos, se minimiza la inercia que existe en la omega debido al peso de la cámara y la deriva producida por la longitud de este respecto al apoyo en la rejilla.
- El último motivo, pero el más importante es la posibilidad de fijar la cámara en una posición concreta y poder marcar con facilidad varios puntos de referencia. Una vez concluidas las pruebas, se verificará que la posición no hay cambiado, gracias a las referencias marcadas.

Por otro lado, esta posición tiene varios puntos débiles:

- La rejilla tiene la función de permitir que el aire pueda entrar hacia el radiador y así ser refrigerado, no obstante, al poner un componente delante de este elemento, disminuye el flujo de aire que llega al radiador, por ende, se reduce la refrigeración del radiador en cierta medida.
- Una de las ventajas puede ser a su vez una desventaja, en concreto el estar en una zona tan baja del vehículo, porque de igual manera que la suciedad es capaz de depositarse en la lente

de la càmera, està expuesta a que qualsevol element de la via que pugui rompre la lent o el suport ho tingui més fàcil de aconseguir tals propòsits.

5.4 Prueba 1: Clima despejado

En la siguiente prueba se van a tener en cuenta las vías urbanas, carretera convencional y autopistas con el objetivo de simular con mayor exactitud el trayecto diario de la mayoría de los usuarios. Después de realizar una prueba de 100 km por vías rápidas y urbanas ha dado unos datos negativos, ya que la cámara no había sufrido una diferencia de nitidez en la imagen.

Al ver ese resultado, se cambió la perspectiva a cerca de las condiciones en las que se debía de hacer esta prueba. Se recorren trayectos de 150 km hasta realizar la primera comprobación para poder tener una distancia mínima en la que la cámara sufra una variación en su capacidad de detección. Es cierto, que los factores imponderables como puede ser el tráfico, la situación geográfica o las condiciones climáticas, juegan un papel protagonista para conseguir el resultado esperado.

A continuació, un seguit de imatges des de dins i des de fora de la càmera ha ajudat a averiguar dos conceptes: el primer d'ells és confirmar si la quantitat de suciedat depositada és suficient per a que la càmera perdi informació i, el segon concepte, és averiguar si tota aquella suciedat que se està apreciand des de fora o des de dins del sensor, és apreciable a simple vista, ja que hi ha ocasions en les que se cree que el objecte no està sucio i cuando se està utilitzand se aprecia que la qualitat de imatge no és la que deu de ser.

5.5 Prueba 2: Clima húmedo

A continuació, se mostra un seguit de imatges de la càmera abans i després de recorre la distancia indicada hasta llegar a 120 km. La comparativa va a ser directa y en este caso de condiciones de mojado, se busca ver como las gotas de agua son capaces ensuciar y de impedir a la cámara ver de forma nítida.

Los intervalos de medición han sido de 50 km, haciendo posible realizar 4 mediciones en durante todo el trayecto que se ha recorrido, teniendo en cuenta que, en las condiciones de esta prueba, la frecuencia en la que se ensucia la cámara es más elevada respecto las dos pruebas previas, la trazabilidad que se consigue haciendo mediciones cada poco kilometraje, ayuda a entender como la suciedad va afectando al sensor debido a su posición y a la aerodinámica que hay intrínseca.

Se debe comentar, que la adhesión de agua en esta lent puede ser menor debido a un tratamiento hidrofóbico, que ayuda a que la superficie de contacto de las gotas de agua sea menor y, por ende, que le cueste mucho más al agua quedarse adherida en la lent de la cámara.

También se pretende observar cómo afectan agentes externos cómo el aire a baja velocidad, el cual va a ayudar a eliminar gotas en la lent y a que la suciedad no se pueda depositar tan fácilmente. Lo importante es observar con el paso de los kilómetros como la cámara va cambiando de aspecto debido a estos factores.

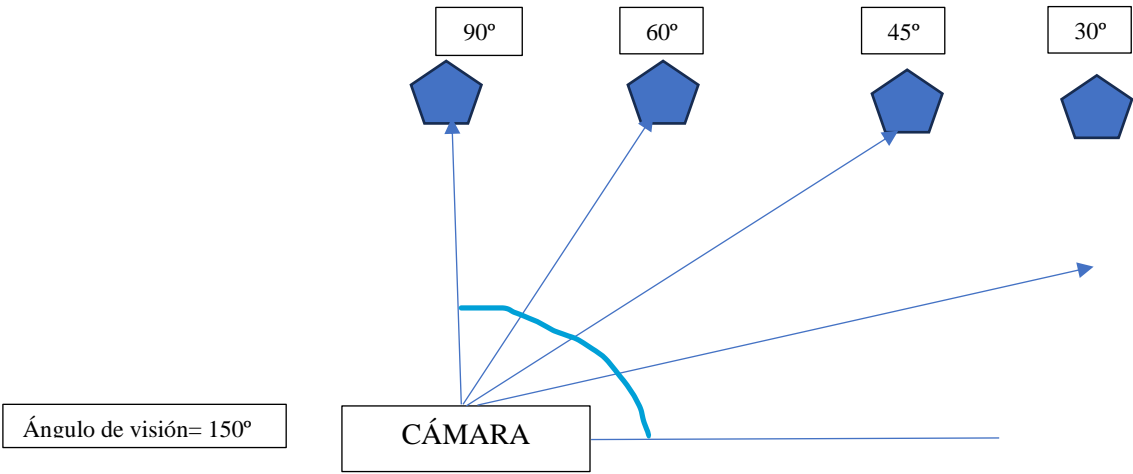
5.6 Prueba de pérdida de visión

Cuando las 2 pruebas que se han explicado anteriormente han concluido, se han realizado otras para justificar uno de los objetivos de este estudio. Cuando la suciedad se ha quedado depositada en la lent, se ha podido apreciar con el paso de los kilómetros que la nitidez de la lent se iba reduciendo, ya sea por mosquitos, polvo, residuos de la carretera, agua...

Pero la suciedad que se ve desde fuera no tiene por qué verse desde la visión de la cámara. Es por eso por lo que se ha diseñado una prueba adicional que se ha realizado una vez se acababa cada una de las pruebas anteriores con el objetivo de ver cuanto visión se ha perdido en los 3 escenarios.

Para saber cuál es la cantidad de visión se ha perdido, se ha diseñado una prueba concreta a la vez que sencilla, que se acerca a una situación del día a día, dónde la cámara debería de detectar un elemento que está suficientemente cerca cómo para ser un peligro considerado tráfico cruzado.

El esquema de la prueba es el siguiente:



El esquema está compuesto por tres componentes, el primero es la cámara, que va a estar colocada en la posición de vehículo (35 cm respecto al suelo) y a 10 m del objeto representado con los pentágonos, los cuales son el segundo componente de este esquema, cuya representación pertenece a un cono de tráfico el cual debe de ser visible por la cámara en las posiciones que hay representadas.

El tercer componente es la orientación que el cono tiene respecto de la cámara, los grados que están indicados han sido seleccionados debido a las situaciones que se presentan en el día a día y tienen unas condiciones muy parecidas a las de este ensayo.

Por ejemplo, no es lo mismo aparcar en batería, dónde el vehículo o el peatón está en el límite del ángulo de visión, que aparcar en semi batería, dónde la orientación del propio vehículo facilita la detección de un peligro hacia uno de los lados, mientras que el opuesto, el ángulo de visión está en su límite.

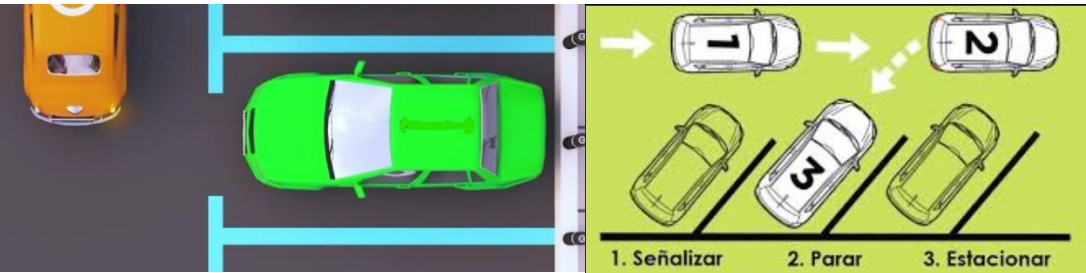


Figura 40: Estacionamiento en batería y en espiga (semi batería) (Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=CgfHvXeX3vw&ab_channel=autoescuelacom, <https://ecomovilidad.net/global/aparcamiento-espiga-ventajas-e-inconvenientes/>)

5.7 Imágenes de las pruebas

5.7.1 Prueba en seco

Tabla 2: Condiciones seco salida 1

Distancia recorrida	200 km
Ubicación	Esparraguera, Barcelona
Temperatura/Hora	18°C/9:02 h

Humedad	48%
Tipo de vía	Vía asfaltada (B-40, A-2, C58, pueblo Esparraguera)
Viento	13km/h

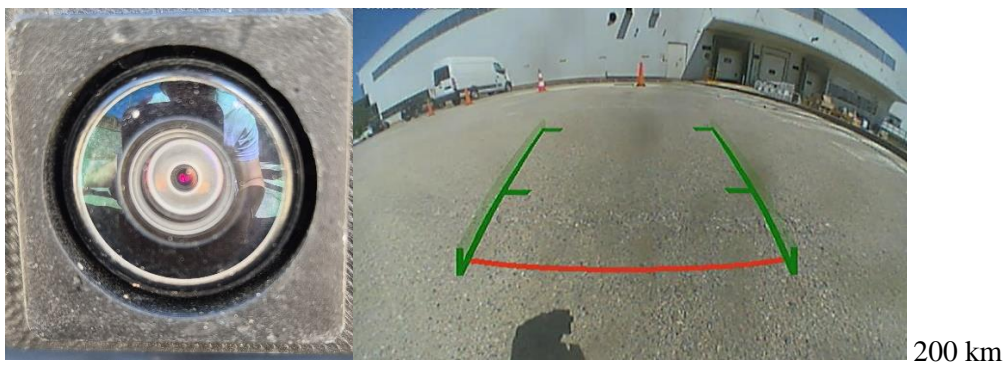
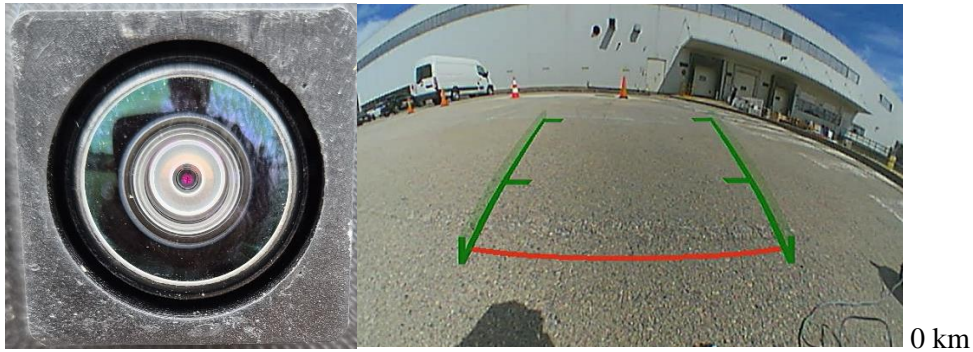


Figura 41: Suciedad en el sensor tras 200 km recorridos (Fuente: SamsungOscar)

Tabla 3: Condiciones seco salida 2

Distancia recorrida	200 km
Ubicación	Esparraguera, Barcelona
Temperatura/Hora	20°C/10:10 h
Humedad	52%
Tipo de vía	Vía asfaltada (B-40, A-2, C58, pueblo Esparraguera)
Viento	6 km/h

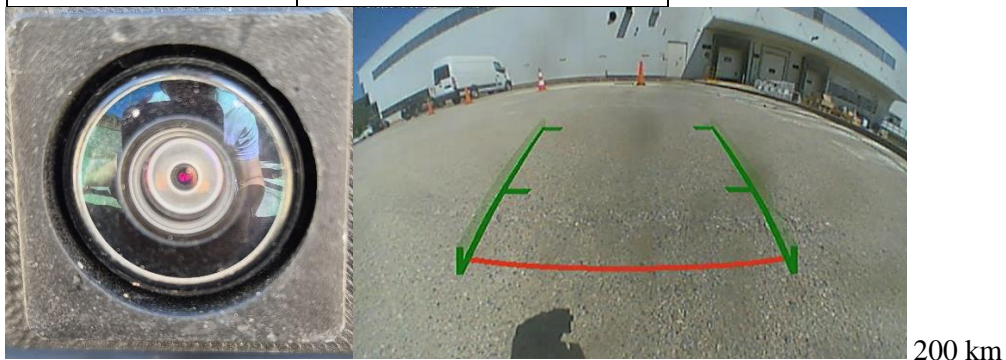




Figura 42: Suciedad en el sensor tras 400 km (Fuente: SamsungOscar)

Tabla 4: Condiciones seco salida 3

Distancia recorrida	200 km
Ubicación	Esparraguera, Barcelona
Temperatura/Hora	16°C/8:46 h
Humedad	65%
Tipo de vía	Vía asfaltada (B-40, A-2, C58, pueblo Esparraguera)
Viento	8 km/h

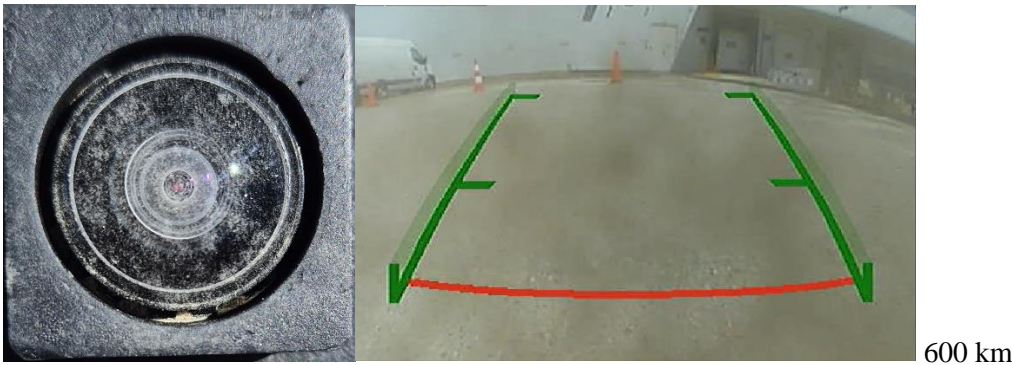


Figura 43: Suciedad en el sensor tras 600 km (Fuente: SamsungOscar)

Tabla 5: Condiciones seco salida 4

Distancia recorrida	200 km
Ubicación	Esparraguera, Barcelona

Temperatura/Hora	16°C/9:10 h
Humedad	80%
Tipo de vía	Vía asfaltada (B-40, A-2, C58, pueblo Esparraguera)
Viento	3 km/h

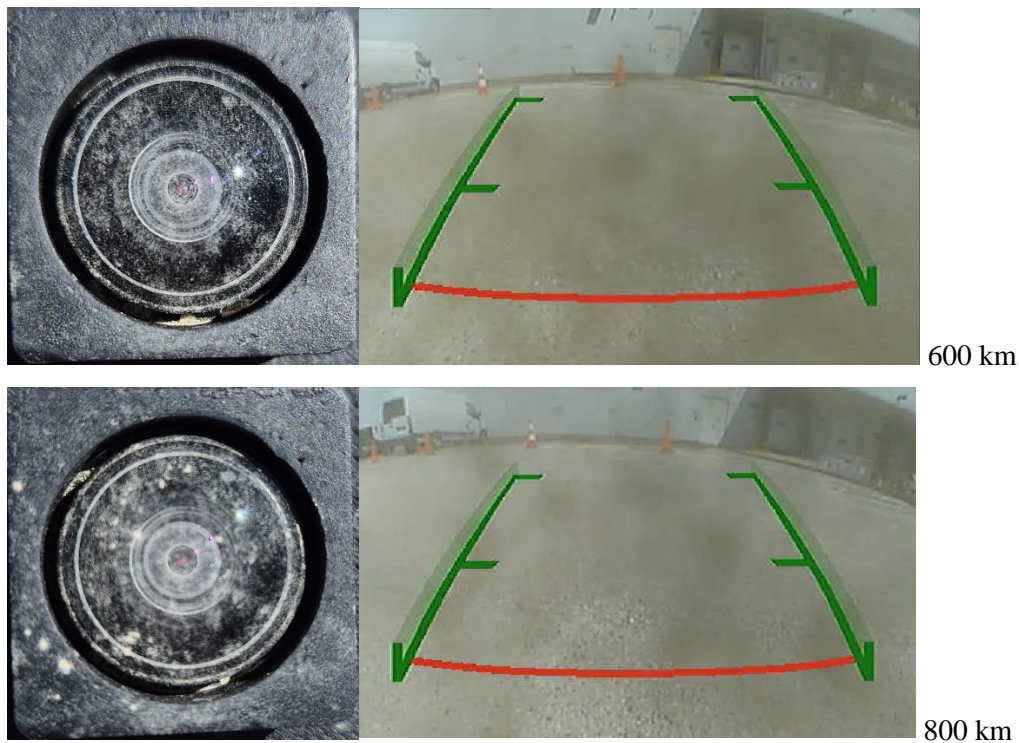


Figura 44: Suciedad en el sensor tras 800 km (Fuente: SamsungOscar)

5.7.2 Prueba en mojado

Tabla 6: Condiciones mojado salida 1

Distancia recorrida	50 km
Ubicación	Esparraguera, Barcelona
Temperatura/Hora	14°C/9:15 h
Humedad	65%
Tipo de vía	Vía asfaltada (B-40, A-2, C58, pueblo Esparraguera)
Viento	13km/h

Estudio de propuesta de sensores a utilizar en un vehículo autónomo

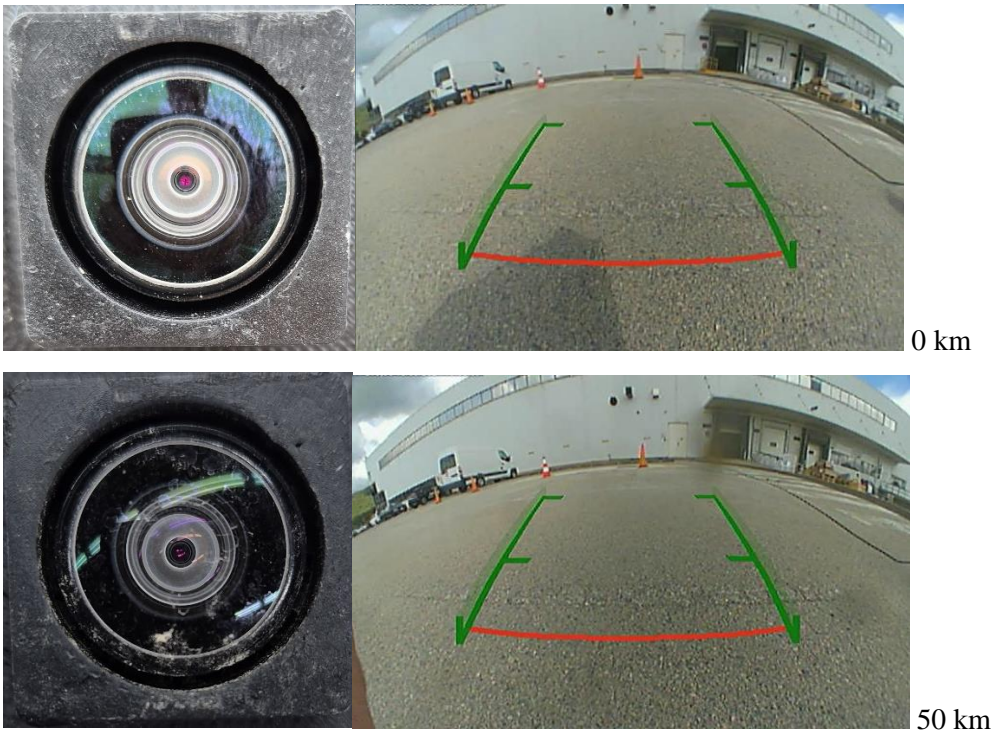
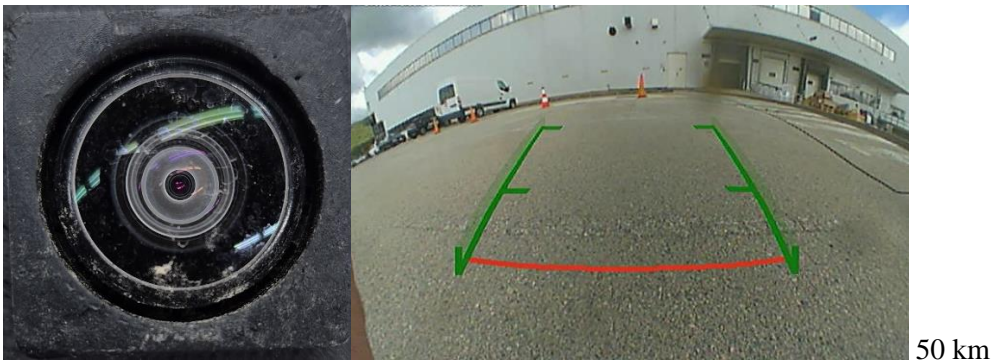


Figura 45: Suciedad en el sensor tras 50 km (Fuente: SamsungOscar)

Tabla 7: Condiciones mojado salida 2

Distancia recorrida	50 km
Ubicación	Esparraguera, Barcelona
Temperatura/Hora	16°C/9:09 h
Humedad	72%
Tipo de vía	Vía asfaltada (B-40, A-2, C58, pueblo Esparraguera)
Viento	6 km/h



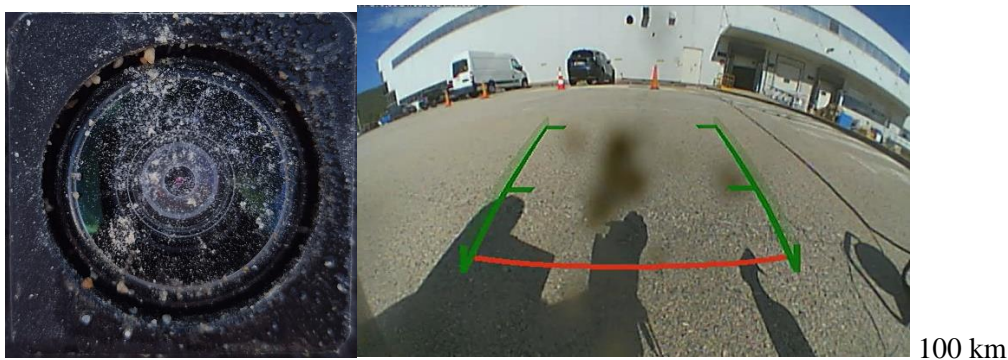


Figura 46: Suciedad en el sensor tras 100 km (Fuente: SamsungOscar)

Tabla 8: Condiciones mojado salida 3

Distancia recorrida	50 km
Ubicación	Esparraguera, Barcelona
Temperatura/Hora	15°C/9:20 h
Humedad	63%
Visibilidad	11.27 km
Viento	12 km/h

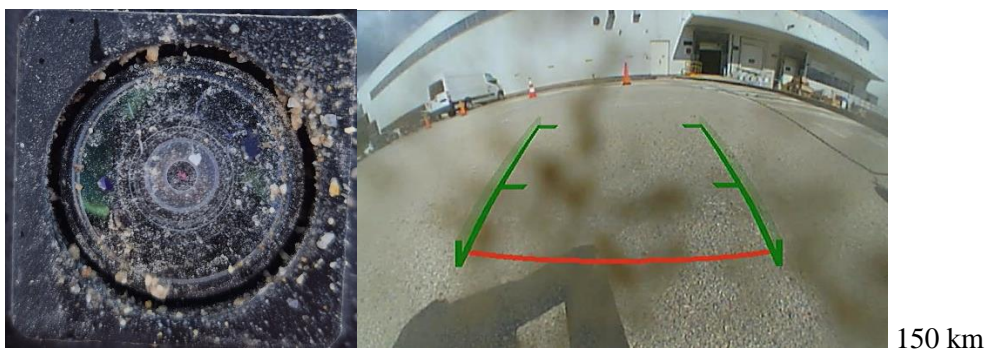
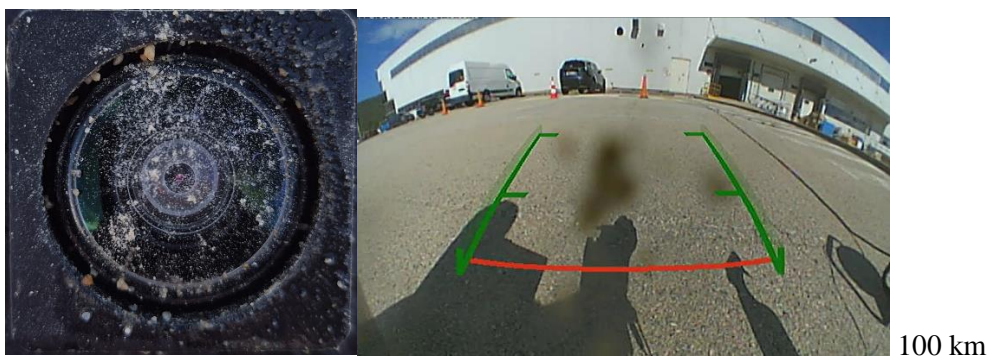


Figura 47: Suciedad en el sensor tras 150 km (Fuente: SamsungOscar)

Tabla 9: Condiciones mojado salida 4

Distancia recorrida	100 km
Ubicación	Esparraguera, Barcelona
Temperatura/Hora	12°C/9:01 h

Humedad	78%
Visibilidad	11.27 km
Viento	4 km/h

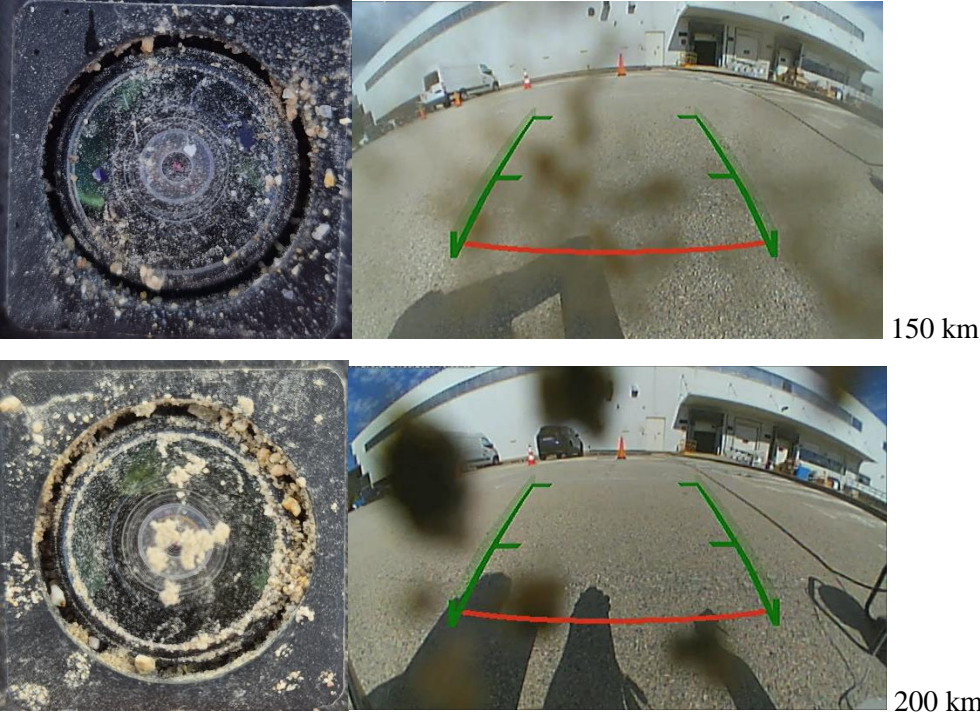


Figura 48: Suciedad en el sensor tras 200 km (Fuente: SamsungOscar)

Después de haber realizado la friolera de 1000 km entre ambas pruebas, se han podido elaborar varias conclusiones a cerca del desempeño que ha tenido el soporte de la cámara.

1. **Funcionalidad:** el soporte diseñado ha tenido un desempeño excelente garantizando que la cámara ha mantenido en todo momento la posición inicial de la cámara delante cualquier circunstancia, considerando un desempeño perfecto, que la cámara no sufría ningún tipo de desviación o cambio de altura debido a las irregularidades de la vía.

El soporte ha cumplido con su cometido a la perfección, la cámara ha realizado los trayectos sin sufrir un cambio de posición ni desprenderse del vehículo por un fallo estructural. El soporte tiene la suficiente rigidez y capacidad de apriete para generar una estructura sólida que ha mantenido a salvo la integridad del sensor testado.

2. **Integridad del soporte:** sobre este aspecto, se ha dividido en dos bloques, la integridad estructural y la integridad exterior o visual.

Sobre la integridad estructural, no se aprecian componentes en estado plástico o deformados en exceso. Las omegas han sufrido una pequeña deformación en la zona de apriete, dónde va colocado el tornillo, debido a la fuerza realizada por este en el momento de aplicar la fuerza contra la rejilla. Igualmente, siguen manteniendo una buena flexibilidad y permiten abrir y cerrar la pinza para que muerda la rejilla del vehículo.

Con respecto a la tapa de atrás y a la carcasa, no han sufrido ningún defecto estructural, no hay grietas ni un juego excesivo con la cámara, lo que indica que el material tiene muy buena resistencia elástica (debido a las omegas) y una elevada dureza y rigidez (debido a la carcasa) Por otro lado, en el apartado exterior o estético, sí que hay varios defectos que se pueden apreciar. En la carcasa se pueden apreciar impactos de objetos que han provocado pequeñas

mellas en su parte frontal, cuya presencia ha hecho que la importancia de esta pieza aumente, debido a la posibilidad de rotura de la lente en estas pruebas si la carcasa hubiese sido más pequeña y la cámara sobresaliera de la misma.

Además, la tapa de atrás ha sido la que se ha llevado la peor parte es en las uniones roscadas. Se puede apreciar en las fotos que hay justo debajo, que la fuerza realizada por la tuerca ha generado desperfectos en la zona frontal, aunque la unión mantiene la integridad.

3. **Acabado hidrofóbico:** la cámara que sea probado estaba dotada de un acabado hidrofóbico en la superficie de la lente. Este tipo de acabados generan una superficie de mala adherencia para la suciedad y el agua. Es un punto importante a tener en cuenta, porque los resultados obtenidos pueden diferir si el componente no hubiese tenido este acabado.

5 Resumen del presupuesto i/o estudio de viabilidad económica

A continuación, se encuentran las tablas de gastos en servicios, como horas de diseño, de estudio de mercado o acondicionar el vehículo para añadir este componente y la otra corresponde a los gastos de material, entre los cuales se encuentra la fuente de alimentación, el material de impresión 3D, la capturadora, entre otros.

La descripción detallada de cada uno de los conceptos que recogen las tablas se encuentra en el documento de presupuesto, igual que una pequeña conclusión hacia la viabilidad de este prototipo a nivel de producción en serie para los clientes en automoción.

Tabla 10: Gastos en servicios

Horas invertidas Oscar			
Concepto	Cantidad	Precio/hora	Total (euros)
Búsqueda de información	10	10	100
Acondicionamiento del vehículo	30	10	300
Diseño CAD	60	10	600
Pruebas de conducción	120	10	1200
Pruebas de imagen y análisis	150	10	1500
Elaboración de documentación	50	10	500
Coste total	420	10	4200

Tabla 11: Gastos en material

Material utilizado		
Concepto	Cantidad	Precio (euros)
Fabricación con impresión 3D	8	150
Capturadora	1	30
Fuente de alimentación	1	50
Gasolina	1,5	100
Cámara	1	30
Total		360

6 Análisis i valoración de las implicaciones ambientales y sociales

Análisis i valoración resumidas de cómo el proyecto i/o el estudio llevado a cabo en el trabajo tiene en cuenta las mejoras en las implicaciones ambientales y sociales

Para poder analizar las implicaciones que este estudio puede tener en relación con el medio ambiente y a la sociedad, se van a analizar los Objetivos de Desarrollo Sostenible que pertenecen a la agenda 2030 implementados por la ONU.

OBJETIVO 7: ENERGIA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE

Está diseñado para asegurar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y sostenibles, así como para promover el uso de energía renovable y fuentes de energía más limpia y sus tecnologías. A continuación, se presentan algunos datos relacionados con la energía.

El uso de energías renovables está aumentando, pero actualmente representa una parte pequeña de la matriz energética global. En 2019, las energías renovables, excluida la energía hidroeléctrica, representaron cerca de un 11% del consumo de energía.

Además, se necesitaría una gran inversión en infraestructura y desarrollo energético. Eso incluye la expansión de conexiones eléctricas, el desarrollo de tecnología de energía sostenible. Además, el cambio a fuentes de energía más limpias es necesario para enfrentar el calentamiento y las emisiones de fábrica de gases de efecto invernadero.

Este estudio apoya este objetivo añadiendo evidencias de la contaminación producida por la industria y por los vehículos de combustión, cuya influencia es un peligro potencial para los sistemas de recogida de información que un vehículo autónomo necesita debido a la película de suciedad que se genera y reduce el rendimiento de los sensores en la recogida de información. Con la transición al vehículo eléctrico y de hidrógeno, se reducen las partículas que se pueden adherir en los sensores expuestos al ambiente.

OBJETIVO 8: TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO

Este objetivo persigue potenciar un crecimiento económico sostenido, sostenible e inclusivo, de igual manera, fomentar la creación de empleo dignos para todas las personas.

Hay dos conceptos de este objetivo que este estudio apoya estrechamente, el primero de ellos habla del trabajo decente y la desigualdad salarial, aunque en el objetivo estén separados, creo que deben ir de la mano para que tantos hombres como mujeres trabajen bajo las mismas condiciones y coberturas. Este estudio está analizando y valorando el desarrollo de los vehículos autónomos, que no tienen ningún tipo de discriminación sexual para llevar a su usuario al destino acordado, lo mismo debería ser para la gente que los fabrica.

El segundo concepto apoyado por este estudio es el de crecimiento económico sostenible, el cual consiste en la promoción de una economía que tenga en cuenta la protección del medio ambiente y la igualdad social, por eso, este estudio está de acuerdo con que la industria del automóvil debe tener como prioridad que la fabricación de sus productos debe hacerse con materiales y energías no sean críticas para el planeta.

OBJETIVO 9: INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA

Este objetivo persigue potenciar el desarrollo urbano sostenible, garantizando que las ciudades y comunidades incrementen su seguridad, su inclusividad y la sostenibilidad, para que los habitantes puedan disfrutar de una calidad de vida y oportunidades equitativas

Este estudio apoya dos puntos muy importantes que describe este objetivo. El primero habla sobre el transporte sostenible, no solo por las emisiones, sino por la fluidez que este debe tener y la correcta infraestructura que debe haber para ayudar a la convivencia de varias metodologías de desplazamiento. Este punto está estrechamente relacionado con este estudio, ya que los vehículos autónomos de nivel 4 y 5 tienen como prioridad garantizar la seguridad de los ocupantes y del resto de vehículos de la vía sin perder la fluidez que la infraestructura le permite y eliminando errores humanos que provocan accidentes y entorpecen el caudal de vehículos.

El segundo punto habla de la urbanización creciente, este aumento de población es un desafío para la infraestructura de las ciudades para seguir teniendo fluidez y buena convivencia entre vehículos. Desde este estudio, se intenta concienciar de que los vehículos autónomos respetan todos los vehículos de movilidad colectiva como individual y hacen las calles más seguras para personas mayores, niños y con movilidad reducida eliminando distracciones y errores humanos que en peligros para os ciudadanos.

OBJETIVO 11: CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

El propósito de este objetivo es superar los desafíos relacionados con una urbanización rápida y sin control, entre ellos, se quiere conseguir que las ciudades sean seguras y sostenibles para cualquier tipo de persona, independientemente de su género, edad o discapacidad.

Este estudio está relacionado con ambos factores que el objetivo busca para las ciudades, ya que los vehículos autónomos tienen como función principal hacer más seguro el desplazamiento del usuario y el del resto de vehículos y peatones que hay en la vía pública. Además, las personas más vulnerables como son los niños, las personas mayores y las que tienen discapacidad, van a reducirse los accidentes que sufren debido a distracciones humanas o a infracciones de tráfico producidas por el mismo sujeto

OBJETIVO 12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES

Este objetivo es uno de los más importantes para este estudio, debido al propósito que persigue este objetivo. Este propósito trata de definir patrones de producción y consumo más sostenibles y eficientes para poder reducir el impacto ambiental y hacer una economía menos volátil.

Para cumplir este propósito, consta de varias hazañas que se deben completar, entre ellas está el consumo y la producción sostenible, que trata de buscar maneras prácticas para minimizar el desperdicio de los materiales y reducir la sobreexplotación de recursos naturales, acompañado de unos estilos de vida que vayan acorde a esta forma de producción, la cual, debería generar menos residuos y utilizar la tecnología para reducir y gestionar mejor estos desechos.

Para este estudio el objetivo 12 es un referente, ya que los vehículos eléctricos han sido un gran paso para la reducción de la contaminación en el transporte, no lo es tanto la cantidad de componentes electrónicos que los vehículos autónomos necesitan para los sistemas que incorporan. Este uso de materiales que son extraídos de recursos natrales deben ser un punto a tener en cuenta para poder aplicar este objetivo 12 y buscar alternativas más sostenibles que reduzcan la sobreexplotación y mejore la gestión tanto de la materia prima como de los componentes más complejos

OBJETIVO 13: ACCIÓN POR EL CLIMA

Este último objetivo, pero no menos importante, para este estudio trata de concienciar sobre la situación desfavorable que está sufriendo el clima y propone tomar medidas urgentes para remediar dicha situación.

Una de ellas es la de reducir los gases de efecto invernadero (CO₂) desde un punto de vista de eficiencia energética, teniendo en cuenta la movilidad sostenible y la reducción de la deforestación. Otro punto importante que sigue al anterior es la movilización de los recursos, es decir, toda la tecnología e información que pueda ser útil para reducir el impacto ambiental.

Este estudio respalda este objetivo en el propósito de buscar una movilidad sostenible, ya no solo entre particulares, sino que los vehículos industriales y de transporte público también tengan fuentes de energía de emisiones 0, cómo el hidrógeno, para poder reducir el impacto ambiental y hacer que el clima sea menos nocivo para los seres vivos de este planeta.

7 Conclusiones

Este estudio tiene como objetivo estudiar los tipos de sensores que los vehículos autónomos que están por llegar deberían de tener, además ha otorgado una justificación a cerca de la monitorización del estado de estos debido a la suciedad del ambiente. Después de 5 meses de trabajo, las respuestas han sido obtenidas.

A cerca de los sensores y sistemas que actualmente están en el mercado de vehículos, no hay una gran diferencia con los requisitos de hardware que un vehículo autónomo exige. La gran diferencia entre un vehículo nivel 3 o nivel 4, es la complejidad del software al añadir funciones que el ser humano no supervisa, por ejemplo, realizar una circulación totalmente autónoma tomando decisiones de cambio de carril, realizar un STOP o cualquier acción en la que el ser humano realiza bajo su criterio y el vehículo puede tener otro distinto, pero teniendo los mismos dispositivos de los vehículos con un nivel inferior, a partir del 3.

Actualmente, los vehículos de nivel 4 y 5 son meros prototipos que se están desarrollando y aún tienen flaquezas que son un peligro para la circulación. Además, en la mayoría de los países de Europa, no tienen una legislación donde se permita circular con estos vehículos, lo que dificulta la realización de pruebas en las condiciones óptimas para recoger información sobre estos vehículos.

A cerca de las pruebas realizadas hay varias conclusiones a destacar. La primera viene dada por la complejidad que tiene diseñar un soporte para todos los componentes que debe llevar un vehículo autónomo y garantizar la integridad de estos. Los diseños son especializados e individuales para cada modelo, lo que justifica el precio de los vehículos eléctricos y no eléctricos de nueva fabricación.

La segunda respuesta obtenida es un mito que ha sido desmentido. Se tiene el prejuicio de que las condiciones de lluvia son más perjudiciales para un sensor ubicado en la parte frontal, pero se ha visto que la calidad de imagen ha sido bastante mejor que en condiciones de seco. Esta conclusión tiene como argumento que tanto agua como aire, realizan un gran trabajo en equipo.

El agua ablanda la suciedad que pueda estar depositada en la lente y el aire, con la ayuda de los cambios de velocidad debido a la carga aerodinámica, consiguen remover el agua que contaminada con la suciedad. Este tipo de acción ha hecho que las condiciones en agua sean más favorables para un sensor frontal que en seco.

Una vez obtenidos los resultados de las pruebas, se ha visto que las condiciones en las que se puede encontrar el sensor son muy desfavorables y hay información que no sería capaz de percibir. Este estudio propone como solución un sistema semejante al punto 4.2 Sistema de limpieza, el cual contiene surtidores telescópicos, estos tienen varias ventajas como el ahorro de agua por cada ciclo de limpieza, la posibilidad de mantener presurizado el circuito, lo que acorta el tiempo de reacción de este cuando debe empezar el ciclo y la guinda del pastel, es la posibilidad de tenerlos ocultos en la carrocería como ocurre con los lavafaros.



Figura 49. Surtidor telescópico (Fuente: <https://www.eurotaller.com/noticia/sabes-que-son-los-lavafaros-y-que-utilidad-tienen-un-vehiculo>)

Este estudio propone varios puntos de continuidad para enriquecer el contenido del proyecto, empezando por realizar un estudio a cerca de soluciones viables para limpiar el sensor testeado, realizar con varios tipos de sensores diferentes las mismas pruebas que se han llevado a cabo en este estudio y, por último, optimizar el soporte prototipo teniendo en cuenta desempeño estructural y la posibilidad de ir integrado en el paragolpes del vehículo. A continuación, se expone la tabla dónde se recogen las tareas propuestas y el tiempo estimado que se requiere para completarlas.

Tarea	Descripción	Tiempo estimado
Estudiar ubicación	En función de la función del sensor, se debe estudiar la ubicación en la que debe de colocarse para que realizar la función correctamente	1 semana
Actualizar soporte	Una vez se conoce la ubicación, actualizar el soporte previamente fabricado para que las cadencias del prototipo no sigan en el nuevo modelo e impedir que el sensor se mueva en exceso	1 semana
Conectar sensor	Con el sensor correctamente colocado, realizar el cableado hasta el habitáculo sin tener que modificar ningún componente del vehículo de pruebas	1 semana
Dimensionar sistema de limpieza	Una vez se conoce la posición del sensor, se debe dimensionar el sistema de limpieza, teniendo en cuenta la ubicación del depósito y el tipo de surtidor telescópico óptimo	10 semanas
Montar sistema en vehículo	Realizar el montaje del sistema dimensionado y verificar el correcto funcionamiento	1 semana
Prueba del sistema estático	Ensuciar el sensor con el vehículo parado, usando polvo, arena por ejemplo y comprobar que el sistema cumple con los parámetros dimensionados anteriormente	6 semanas
Verificar mejora de visión	Analizar las diferencias externas e internas cuando el sensor está sucio y cuando el sistema de limpieza ha actuado	1 semana
Prueba del sistema dinámico	Realizar pruebas de conducción con el sensor y el sistema operativos y alternar por diferentes tipos de vías en condiciones de seco	6 semanas

Verificar mejora de visión	Analizar las diferencias externas e internas cuando el sensor está sucio y cuando el sistema de limpieza ha actuado	4 semanas
Pruebas de rendimiento de limpieza	Una vez se han obtenido los resultados de las pruebas, ajustar los parámetros del sistema de limpieza para ahorrar agua, disminuir el consumo de energía o realizar modificaciones para mejorar el rendimiento	12 semanas

8 Referencias

Administrador. (2019, agosto 18). *Sistema de reconocimiento de señales TSR, imagen*. tuteorica.

<https://tuteorica.com/galeria/imagen-tsr/>

Cardona, A. (2021, febrero 2). *Cuáles son los AGENTES CONTAMINANTES del AIRE - Lista y resumen* [Blog]. ecologiaverde.com.

<https://www.ecologiaverde.com/cuales-son-los-agentes-contaminantes-del-aire-1698.html>

Casero, S. (2021, octubre 19). *Así ha evolucionado con los años el sistema de aparcamiento automático de Renault*. elconfidencial.com.

https://www.elconfidencial.com/motor/tecnologia-y-motor/2021-10-19/renault-advanced-park-assist-tecnologia_3308345/

Dalmau, J. (2021, octubre 15). *¿Qué es un LIDAR y como funciona?* | Noticias coches.net.

<https://www.coches.net/noticias/lidar-como-funciona>

Drivecar.es. (2023, noviembre 20). *Todo lo que necesitas saber: ¿Cómo funciona un radar de coche?*

- Drivecar.es Tu web sobre todo coches. <https://drivecar.es/coche-radar-como-funciona/>

Fdez Roldán, L. (2019, julio 24). *CONTAMINACIÓN VEHICULAR: Qué es, Tipos, Causas y Consecuencias* [Blog]. ecologiaverde.com.

<https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-vehicular-que-es-tipos-causas-y-consecuencias-2130.html>

Fdez Roldán, L. (2021, febrero 2). *TIPOS de CONTAMINACIÓN del AIRE - Clasificación y ejemplos*

[Blog]. ecologiaverde.com. <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-contaminacion-del-aire-2471.html>

- Freire, N. (2023, diciembre 18). *¿Cómo funcionan los radares de tráfico? El secreto está en el Efecto Doppler.* [www.nationalgeographic.com.es.
https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/radares-traffic-secreto-efecto-doppler_21196](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/radares-traffic-secreto-efecto-doppler_21196)
- Fundación Mapfre. (2022a). *Alerta de tráfico cruzado.* Alerta de tráfico cruzado. <https://www.fundacionmapfre.org/educacion-divulgacion/seguridad-vial/sistemas-adas/tipos/alerta-de-traffic-cruzado/>
- Fundación Mapfre. (2022b). *¿Qué son los sistemas ADAS?* Fundación MAPFRE. <https://www.fundacionmapfre.org/educacion-divulgacion/seguridad-vial/sistemas-adas/que-son-los-sistemas-adas/>
- Fundación Mapfre. (2022c). *Sensores de aparcamiento.* Fundación MAPFRE. <https://www.fundacionmapfre.org/educacion-divulgacion/seguridad-vial/sistemas-adas/tipos/sensores-de-aparcamiento/>
- García Álvarez. (2023). *Los niveles de la conducción autónoma.* Los niveles de la conducción autónoma. <https://www.cea-online.es/blog/213-los-niveles-de-la-conduccion-autonoma>
- HELLA. (2024, marzo 9). *Control de distancia de aparcamiento (PDC): Ayuda al aparcamiento basada en ultrasonidos.* HELLA. <https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica/Electricidad-y-electronica-del-automovil/Ayuda-al-aparcamiento-basada-en-ultrasonidos-control-de-distancia-de-aparcamiento-PDC-56199/>
- Herráez, M. (2019, mayo 28). *Audi e-tron: Así funcionan sus retrovisores de cámara.* Auto Bild España. <https://www.autobild.es/noticias/audi-tron-funcionan-retrovisores-camara-428227>
- Ibáñez. (2017, septiembre 28). *Qué es un LIDAR, y cómo funciona el sensor más caro de los coches autónomos.* Motorpasión. <https://www.motorpasion.com/tecnologia/que-es-un-lidar-y-como-funciona-el-sistema-de-medicion-y-deteccion-de-objetos-mediante-laser>
- IBM. (2022, julio 21). *¿Qué es LiDAR?* / IBM [Página corporativa]. ¿Qué es LiDAR? <https://www.ibm.com/es-es/topics/lidar>

- J. A., P. (2019). ▷ *Control de Crucero Adaptativo* >> *Sistema de Ayuda ACC*. La advertencia de colisión frontal, FCW, detecta a vehículos, peatones y ciclistas. <https://www.vwcanarias.com/es/blog/control-de-crucero-adaptativo.html>
- Kumar, D., & Muhammad, N. (2023). Object Detection in Adverse Weather for Autonomous Driving through Data Merging and YOLOv8. *Sensors*, 23(20), 8471. <https://doi.org/10.3390/s23208471>
- Lois, A. (2023, mayo 22). *Así funciona el detector de fatiga y distracción del conductor en el vehículo*. Motor.Es. <https://www.motor.es/noticias/asi-funciona-detector-fatiga-distraccion-conductor-vehiculo-202395039.html>
- Mateos, J. P. (2014, octubre 23). *Cómo funcionan los sensores de luces y de lluvia de los coches*. <https://www.autofacil.es/tecnica/funcionan-sensores-luces-lluvia-coches/56230.html>
- Mateos, J. P. (2020). *¿Qué es el sistema denominado LDW? - Autofácil*. ¿Qué es el sistema denominado LDW? <https://www.autofacil.es/tecnologia/sistema-denominado-ldw/182649.html>
- Mohammed, D., & Horváth, B. (2024). Comparative Analysis of Following Distances in Different Adaptive Cruise Control Systems at Steady Speeds. *World Electric Vehicle Journal*, 15(3), 116. <https://doi.org/10.3390/wevj15030116>
- Motor en Línea. (2024). *Bosch y su asistente para el ángulo muerto*. Bosch y su asistente para el ángulo muerto. <http://www.motorenlínea.es/articulo-741-bosch-y-su-asistente-para-el-angulo-muerto>
- Pareja, R. (2018, octubre 7). *El retrovisor digital ya es una realidad y además está fabricado en España*. Car and Driver. <https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/a55784/retrovisor-digital-audi-e-tron/>
- POLO, J. A. (2019, noviembre 4). *La advertencia de colisión frontal, FCW, detecta a vehículos, peatones y ciclistas*. Hoy.es. <https://www.hoy.es/motor/advertencia-colision-frontal-20191104002015-ntvo.html>
- RACE. (2022a, junio 7). *Los cinco niveles de la conducción autónoma | RACE*. <https://www.race.es/niveles-conduccion-autonoma>

- RACE. (2022b, agosto 25). *El sistema ISA. Asistente de Velocidad Inteligente* / RACE.
<https://www.race.es/sistema-isa-asistente-de-velocidad-inteligente>
- Riego, M. L. (2012, diciembre 20). *AEB ó sistema de frenada autónoma*. Motor.Es.
<https://www.motor.es/noticias/que-es-y-como-functiona-aeb-o-sistema-de-frenada-autonoma-201212570.php>
- Rodriguez, A. (2022, mayo 6). *Qué es el sensor de lluvia y cómo funciona en el auto* [Blog]. Siempre Auto. <https://siempreauto.com/que-es-el-sensor-de-lluvia-y-como-functiona-en-el-auto/>
- Sadaf, M., Iqbal, Z., Javed, A. R., Saba, I., Krichen, M., Majeed, S., & Raza, A. (2023). Connected and Automated Vehicles: Infrastructure, Applications, Security, Critical Challenges, and Future Aspects. *Technologies*, 11(5), 117. <https://doi.org/10.3390/technologies11050117>
- Soria. (2022, junio 30). *Qué es el asistente de mantenimiento de carril* / Noticias coches.net. Asistente de mantenimiento de carril, ¿qué es y cómo funciona?
<https://www.coches.net/noticias/que-es-el-asistente-de-mantenimiento-de-carril>
- Vitesco Technologies. (2024, marzo 22). *Vitesco Technologies—Advanced Sensor Cleaning System* [Página corporativa]. SAY GOODBYE TO BLURRY CAMERA VISION.
<https://www.vitesco-technologies.com/en-us/solutions/beyond-powertrain/advanced-sensor-cleaning-system>