



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática**

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL CAMBIO DE PARADIGMA DE  
MECÁNICA A ELECTRÓNICA EN LA AUTOMOCIÓN**

**Autor:**

**LÓPEZ PABLO, RUBÉN**

**Tutor:**

**JIMÉNEZ GÓMEZ, M<sup>a</sup> ISABEL  
Departamento CMeIM EGI ICGF IM  
IPF**

Valladolid, enero 2022



# Resumen y palabras clave

## Resumen

El sector del automóvil es uno de los que más evolución tecnológica ha experimentado a lo largo de su historia. El automóvil representa una obra de ingeniería, viéndose sometido a una constante evolución en su corto recorrido histórico.

La facilidad con la que se ha integrado el automóvil en la sociedad, ha hecho de este sector uno de los pilares económicos a nivel mundial. La necesidad de complacer los requerimientos del usuario final, hace que el sector esté constantemente evolucionando; además de incorporar los últimos avances en sistemas electrónicos y otras tecnologías.

A lo largo de este trabajo se analiza la historia del automóvil, prestando especial atención a los sistemas electrónicos y las líneas de investigación sobre nuevas tecnologías, entre ellas el vehículo eléctrico y autónomo. Este análisis se realiza en referencia a cómo ha sido ese proceso evolutivo, tanto a nivel técnico como social.

## Palabras clave

Automoción, mecánica, sistemas electrónicos, tecnologías, vehículo.

## Abstract

The automotive industry is one of the sectors that has undergone the greatest technological evolution throughout its history. The automobile represents a work of engineering, undergoing constant evolution despite its short history.

The ease within which the automobile has been integrated into society has made this sector one of the world's economic pillars. The need to meet the requirements of the end user means that the sector is constantly evolving. The integration of electronic systems is a clear example of the sector's evolution.

Throughout the following chapters, the history of the automobile is analyzed, paying special attention to electronic systems and the lines of research on new technologies, including the electric and autonomous vehicle. This analysis is made with reference to how this evolutionary process has been, both at a technical and social level.

## Keywords

Automotive, electronic systems, mechanics, technologies, vehicle.



# AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a mi familia por acompañarme esta etapa universitaria y mostrarme todo su apoyo. De igual forma, agradecer a mi tutora y profesora María Isabel Jiménez por su compromiso y dedicación por la docencia.



## INDICE DE CONTENIDO

1.- Introducción .....	1
1.1.- Contexto .....	1
1.2.- Justificación del TFG .....	1
1.3.- Objetivos.....	2
1.4.- Estructura de la memoria.....	3
2.- Sector de la automoción (enfoque socioeconómico).....	5
2.1.- Introducción al capítulo .....	5
2.2.- Inicio de la industrialización del automóvil .....	10
2.3.-Primeras regularizaciones legislativas del automóvil .....	13
2.4.-Sector del automóvil en España .....	15
2.4.1.-Repercusiones de la Guerra Civil (1936-1950) .....	18
2.4.2.-Décadas de superación, conflictos y adaptación del sector (1950-1970).....	21
2.4.3.-Cambio de paradigma sociopolítico en las décadas 1970-1990..	25
2.4.4.-Internacionalización del mercado español (1990-2007).....	26
2.5.-Repercusión de la crisis de la burbuja inmobiliaria (2007-2013).....	28
2.5.1.-Repercusión de la Crisis en Europa.....	29
2.5.2.-Medidas políticas para potenciar el sector del automóvil español	31
2.6.-Progreso tecnológico y desarrollo sostenible (2014-2020).....	33
2.7.-Repercusión de la pandemia del SARS-COV-2 sobre el sector automovilístico.....	38
2.8.-Conclusiones del capítulo .....	40
3.- Hitos más relevantes de la ingeniería para el sector del automóvil .....	41
3.1.- Introducción al capítulo .....	41
3.2.- La electricidad.....	41
3.3.- El tornillo.....	42

3.4.- La rueda y el neumático .....	43
3.5.- El Cigüeñal.....	43
3.6.- 1800 Alessandro Volta inventa la primera batería .....	44
3.7.- 1887 Heinrich Rudolf Hertz descubre las ondas de radio .....	45
3.8.- Limpiaparabrisas. ....	46
3.9.- Sistema de frenos hidráulicos .....	46
3.10.- Invención de la Radio.....	47
3.11.- Invención del transistor .....	47
3.12.- Diseño del primer circuito integrado.....	47
3.13.- Invención del cinturón de seguridad.....	48
3.14.- PLC - Controlador de Lógica Programable .....	48
3.15.- Sensores de oxígeno Lambda .....	49
3.16.-Hitos ya presentados en otros capítulos del TFG.....	49
4.- Evolución de la mecánica a la electrónica.....	51
4.1.- Introducción al capítulo .....	51
4.2.- Ingeniería del automóvil previa a 1960 .....	52
4.2.1.- Evolución de los motores de combustión interna .....	52
4.2.2.- Evolución de los sistemas de Transmisión .....	53
4.2.3.- Evolución del sistema de frenado .....	54
4.2.4.- Evolución del sistema de dirección .....	55
4.3.- Etapa 1960-1990. Introducción de la Electrónica en el automóvil .....	57
4.3.1.- Inicio de la era electrónica en la automoción.....	57
4.3.2.- Primeros métodos de diagnosis electrónicos.....	58
4.3.3.- Tecnología “Drive by wire”.....	58
4.3.4.- Consecuencias del aumento de componentes electrónicos en el automóvil.....	59
4.4.-Evolución de la red de comunicaciones.....	60



4.5.- Evolución de la integración de sensores en el automóvil.....	62
4.6.- Evolución de las unidades de control electrónico (ECU).....	66
4.6.1.- Primeras unidades de control.....	66
4.6.2.- Unidades de control programables .....	67
4.6.3.- Unidades de control programables actualizadas .....	67
4.6.4.- Unidades de control de última generación .....	68
4.7.- Evolución de los métodos de diagnóstico .....	68
4.7.1.- Primera etapa .....	69
4.7.2.- Segunda etapa.....	69
4.7.3.- Tercera etapa .....	70
4.8.- Conclusiones del capítulo .....	72
5.- Actualidad en la automoción y tendencias a futuro.....	73
5.1.- Introducción al capítulo.....	73
5.2.- Actualidad.....	73
5.2.1.- Desarrollo sostenible.....	74
5.2.2.-Elementos básicos del coche eléctrico .....	76
5.2.3.- Actualidad del proceso de adaptación a las nuevas generaciones de vehículos en España.....	82
5.3.- Tendencias a futuro.....	84
5.4.- Conclusiones del capítulo .....	91
6.- Análisis global del cambio de paradigma .....	93
6.1.- Análisis ético .....	93
6.1.1.- Situaciones de accidentes inevitables.....	93
6.1.2.- Consecuencias laborales .....	94
6.2.- Seguridad vial .....	94
6.3.- Análisis de la evolución de la electrónica en los sectores de producción y reparación del automóvil.....	96

6.3.1.- Fabricantes de automóviles.....	96
6.3.2.- Talleres de reparación.....	98
6.4.- Análisis de la evolución electrónica a nivel usuario.....	98
6.4.1.- Manejo del vehículo.....	99
6.4.2.- Mantenimiento del vehículo.....	99
6.4.3.- Reparación del vehículo.....	101
6.5.- Análisis de un caso práctico.....	102
6.5.1.- Fiabilidad de los sistemas electrónicos.....	103
6.5.2.- Alcance de la información facilitada por los sensores.....	104
6.5.3.- Conectividad y ciberseguridad.....	106
7.- Enfoque económico.....	109
7.1 Introducción al capítulo.....	109
7.2- Primeros cambios en la tendencia de mercado en el sector del automóvil .....	109
7.3.- Pilares clave que están marcando el rumbo económico de la transición a las nuevas tecnologías.....	110
7.3.1.- Colaboraciones entre grandes compañías.....	110
7.3.2.- Industria 4.0.....	111
7.3.3.- Inversiones en nuevas tecnologías.....	112
7.3.4.- Optimización en la producción.....	113
7.3.5.- Inversión en I+D+i.....	115
7.4.- Conclusiones del capítulo.....	116
8.- Conclusiones y Líneas futuras.....	117
8.1.- Conclusiones.....	117
8.1.1.- Competencias adquiridas como alumno del Grado de Electrónica Industrial y Automática.....	118

8.1.2.- Parte mecánica insustituible y parte electrónica imprescindible y en evolución .....	119
8.2.- Líneas futuras .....	120
9.- Bibliografía .....	121



## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Boceto carro autopropulsado de Da Vinci, L. Recuperado de [Academia Play,2021] .....	5
Ilustración 2. Foto del modelo Fardier. Recuperado de [Iglesias S., (2019)]....	6
Ilustración 3. Fotografía de Siegfried Marcus y el primer coche que creó. Recuperado de [Fogued, L., (2013)].....	7
Ilustración 4. Karl Benz y Berta Benz en un modelo de 1894 [Recuperado de García, M. (2019)].....	8
Ilustración 5. Placa que presentaban los coches mientras la patente estaba vigente. Recuperado de [Moreno, F. (2011)].....	9
Ilustración 6. Baldwin, G. conduciendo su coche. Recuperado de [Find A Grave (2010)].....	9
Ilustración 7. Imágenes de Henry Ford. Recuperado de [El Comercio, (2017)] .....	11
Ilustración 8. Imagen de una de las cadenas de montaje de Henry Ford. Recuperado de [El Comercio, (2017)] .....	12
Ilustración 9. Evolución del número de víctimas mortales en España entre 1990 y 2020. Recuperado de [epdata, (2021)] .....	14
Ilustración 10. Foto en la observamos a Catalina, con vestido negro, junto con el autobús que conducía. [Recuperado de AG, (2021)].....	14
Ilustración 11. Comparativa de varones y mujeres en licencias obtenidas entre 1990 y 2019 [Elaboración propia] .....	15
Ilustración 12. Imagen del rey Alfonso XIII en su modelo de la marca Hispano-Suiza. Recuperado de [Rodríguez, R. (2021)] .....	16
Ilustración 13. Renault 4CV. Recuperado de [autolib, (2021)]. Seat 600. Recuperado de [autolib, (2021)]. Citroën 2CV. Recuperado de [autofacil, (2021)].....	22
Ilustración 14. Planes para potenciar la renovación de coches. Recuperado de [DGT, 2004].....	27

Ilustración 15. Relación entre inversiones y facturación en el sector de componentes en España entre los años 1990 y 2007. Recuperado de [Pérez, M. (2014)].....	28
Ilustración 16. Gráfico de producción por países del año 2003 al 2012. Recuperado de [Fdez, Rquez, J., V., (2014)].....	29
Ilustración 17. Comparación del rendimiento de explotación de la producción de automóviles entre 2007 y 2009. Recuperado de [Fdez, Rquez, J., V., (2014)] .....	30
Ilustración 18. Evolución de empleo en la industria del automóvil española. Recuperado de [Pérez, M. (2014)]. .....	31
Ilustración 19. Evolución del número de matriculaciones en función del tipo de vehículo. Recuperado de [ANFAC (2019)].....	33
Ilustración 20. Emisiones de CO2 medias en matriculaciones de vehículos nuevos. Recuperado de [ANFAC (2019)].....	33
Ilustración 21. Edad media del parque de vehículos español. Recuperado de [ANFAC (2019)] .....	35
Ilustración 22. Identificadores medioambientales. Recuperado de [Correos (2021)].....	36
Ilustración 23. Porcentaje de hogares españoles que no pueden adquirir un automóvil. [Elaboración propia] .....	37
Ilustración 24. Evolución de las matriculaciones de Turismos.[ Elaboración propia].....	37
Ilustración 25. Evolución del parque de turismos frente a las bajas. [Elaboración propia].....	38
Ilustración 26. Capacidad de producción de chips a nivel global. Recuperado de [Mcloughlin, M. (2021)].....	39
Ilustración 27. Evolución sobre el control de la Electricidad. Recuperado de [Área Tecnología, (2021)].....	42
Ilustración 28. Tornillo sin fin de Arquímedes. Recuperado de [Casanova F., (2009)].....	43
Ilustración 29. Infografía sobre la funcionalidad del cigüeñal en un motor con cilindros en línea. Recuperado de [Ortiz D., (2016)] .....	44
Ilustración 30. Pila de Volta. Recuperado de [Frauca O., (2021)].....	45

Ilustración 31. Esquema del circuito de ensayo que uso Hertz. Recuperado de [González A., (2009)] .....	45
Ilustración 32. Prototipo de la patente de Mary Anderson. Recuperado de [Ferrer S., (2016)] .....	46
Ilustración 33. Sonda Lambda. Recuperado de [Bosch, (2016)].....	49
Ilustración 34. Representación del ciclo de 4 tiempos Otto. Recuperado de [Barona G., Efraín L., (2019)] .....	53
Ilustración 35. Primeros sistemas de transmisión por cadenas. Recuperado de [Agüero H., (2012)] .....	53
Ilustración 36. Elementos del sistema de transmisión planetario. Recuperado de [Lacasa R., (2019)].....	54
Ilustración 37. Sistema de frenado por servofreno. Recuperado de [Agüero H., (2012)].....	55
Ilustración 38. Condición para sistema de dirección Ackerman. Recuperado de [Celada F., (2015)].....	56
Ilustración 39. Trapecio de Jeantaud. Recuperado de [Celada F., (2015)].....	56
Ilustración 40. Sistemas mecánicos que han sido complementados (o sustituidos) por componentes electrónicos. Recuperado de [Gómez, Noroña, M., M. (2019)] .....	59
Ilustración 41. Sensores más representativos en un automóvil. Recuperado de [González A., (2019)] .....	62
Ilustración 42. Esquema del sistema de dirección electrónico. Recuperado de [González A., (2019)] .....	65
Ilustración 43. Vistas del interior de una unidad de control ECU. Recuperado de [Auto Avance, 2018] .....	68
Ilustración 44. Relación de pines conector OBD II. Recuperado de [elaboración propia].....	71
Ilustración 45. Evolución de los sistemas de diagnosis de fallos en el automóvil. [Elaboración propia].....	71
Ilustración 46. Conector SAE J1772/Tipo1. Recuperado de [electromaps, (2020)].....	80
Ilustración 47. Conector Tesla. Recuperado de [cocheselectricos10, (2018)] .....	80

Ilustración 48. Conector CCS Combo. Recuperado de [electromaps, (2020)]	81
Ilustración 49. Producción de vehículos en los últimos años por fuente de energía. Recuperado de [ANFAC, (2019)]	82
Ilustración 50. Indicador a nivel europeo de electromovilidad. Recuperado de [ANFAC, (2019)]	83
Ilustración 51. Infraestructura de recarga pública. Recuperado de [ANFAC, (2019)]	83
Ilustración 52. Niveles de madurez del vehículo autónomo. [Elaboración propia]	84
Ilustración 53. Ejemplo de integración de la IA en sustitución al conductor. Recuperado de [Garrosa, M. (2019)]	87
Ilustración 54. Reconstrucción de mapa 3D en base a las lecturas de un sensor LIDAR de 360 grados. Recuperado de [Voyage, (2017)]	88
Ilustración 55. Rango de alcance del dispositivo Autopilot. Recuperado de TESLA, (2021)]	89
Ilustración 56. Captura del video de presentación del sistema Autopilot de Tesla. Recuperado de [TESLA, (2021)]	91
Ilustración 57. Fallecimientos por accidentes en los que se han visto involucrados modelos TESLA [Elaboración propia]	96
Ilustración 58. Evolución de las ventas de modelos TESLA [Elaboración propia]	96
Ilustración 59. Testigos de avería de frenado en Renault Laguna II [Elaboración propia]	100
Ilustración 60. Interface de estado del vehículo en modelo BMW 320d [Elaboración propia]	100
Ilustración 61. Evolución del precio de la electricidad (€/MW) en España. [Elaboración propia]	101
Ilustración 62. Alcance sensores de proximidad modelo BMW 320d, año 2012 [Elaboración propia]	103
Ilustración 63. Lectura de sensores en prueba de diagnóstico de modelo Renault Laguna II [Elaboración propia]	104
Ilustración 64. Lectura en la que podemos ver la posición en la que se encuentra el acelerador (Renault Laguna II) [Elaboración propia]	105



Ilustración 65. Interface con lecturas a tiempo real durante la conducción de un modelo Renault Laguna II. [Elaboración propia] .....	105
Ilustración 66. Gráficas en tiempo real durante la conducción del modelo Renault Laguna II [Elaboración propia] .....	106
Ilustración 67. Interface ELM 327 para diagnosis de vehículos [Elaboración propia].....	106
Ilustración 68. Informe de resultados tras el examen de diagnosis a un modelo Renault Laguna II [Elaboración propia] .....	107
Ilustración 69. Materiales de los que se compone un vehículo en la actualidad. Recuperado de [CCOO, (2018)] .....	114



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Infraestructura a nivel geográfico de la industria automovilística. Recuperado de [Ortiz, J. M. (2010)].....	20
Tabla 2. Ranking de las industrias derivadas del sector del automóvil. Recuperado de [Ortiz, J. M. (2010)].....	21
Tabla 3. Cifras significativas de la industria derivada del sector del automóvil en España en los años 1927-2007. Recuperado de [Ortiz, J. M. (2010)].....	23
Tabla 4. Evolución a niveles económicos del sector en los años 1968-2007. Recuperado de [Ortiz, J. M. (2010)].....	26
Tabla 5. Hitos analizados en otros capítulos del TFG. [Elaboración propia]....	50
Tabla 6. Desglose de sensores localizables en un automóvil [Elaboración propia].....	64
Tabla 7. Conectores OBD I. Recuperado de [Sánchez L. J. et al, (2016)].....	70
Tabla 8. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de motores eléctricos. [Elaboración propia].....	77
Tabla 9. Precio de algunos sensores del modelo Renault Laguna II [Elaboración propia].....	102
Tabla 10. Principales grupos del sector del automóvil. Recuperado de [CCOO, (2018)].....	111



# 1.- Introducción

## 1.1.- Contexto

En la actualidad el sector de la ingeniería tiene unos reconocimientos a nivel internacional que se han logrado merecidamente a lo largo de la historia.

La ingeniería es capaz de combinar sus conocimientos en diferentes campos de la tecnología y la ciencia para llegar a obtener soluciones a problemas complejos y crear nuevos conceptos y artefactos que faciliten la vida de las personas.

La principal característica de la ingeniería, que viene implícita en su propio nombre, es el ingenio. Además de la relevancia del conocimiento tecnológico y científico, se requiere una actividad creativa e ingeniosa que busque soluciones donde nadie antes las ha encontrado o lleve a la práctica proyectos que nacen de la ilusión de progreso y de romper barreras tecnológicas. Claro ejemplo de ello es el automóvil, el cual se puede considerar una de las mayores obras de arte de la ingeniería que no ha dejado indiferente a nadie en su corta, pero acelerada, historia.

En la historia del automóvil podemos ver cómo no solo interviene el hecho de ofrecer la solución a un problema de movilidad, sino que también se consideran en gran parte los factores sociales como los requerimientos del cliente, las tendencias sociales y la creatividad suficiente como para competir en el mercado con nuevos y renovados diseños (de diferente naturaleza como vehículos deportivos, familiares, compactos, etc.) que consiguen fortalecer y consolidar a los fabricantes en el mercado y en la sociedad.

## 1.2.- Justificación del TFG

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado (TFG) tiene como base mi motivación personal por la cual en su día opte por estudiar el Grado de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática, debido a que desde niño siempre me ha interesado este ámbito y su vinculación con el mundo del motor.

Cabe pensar que lo ideal hubiese sido optar por la rama de mecánica, pero tras consultar a muchas personas que trabajaban dentro del sector del automóvil, llegue a la conclusión de que, pese a la importancia innegable de la parte mecánica dentro del automóvil, la electrónica iba ganando terreno a pasos agigantados.

En la actualidad, siento que, sin duda, tomé la decisión acertada, pues hoy en día la electrónica constituye el cerebro del automóvil. Además de una parte mecánica relevante y en las mejores condiciones, quien marca las directrices del funcionamiento del automóvil es el conjunto de centralitas, junto con toda la electrónica que le acompaña.

Y aunque en el grado escogido, los conocimientos no están enfocados al sector de la automoción, cada concepto de la especialidad estudiada es fácilmente extrapolable a los sistemas electromecánicos que puede albergar un coche. Es por eso que, a través de este TFG, quiero realizar un recorrido histórico del automóvil, en el cual quede reflejado cómo la rama de la ingeniería electrónica ha ido interviniendo cada vez más, así como las grandes aportaciones que ha realizado y las futuras que se encuentran en fase de desarrollo.

### 1.3.- Objetivos

En este TFG se quiere abordar como objetivo principal el estudio y análisis del conjunto de todos los aspectos más importantes que han marcado la historia del automóvil en el ámbito de la ingeniería industrial.

A lo largo de este documento se pretende realizar una reflexión y revisión, en base a los conceptos y conocimientos adquiridos de la asignatura Ingeniería Tecnología y Sociedad, sobre la trayectoria de una tecnología (como es el caso de la electrónica en el automóvil), para poder conocer sus orígenes y la evolución a la que se ha visto sometida hasta llegar al grado de madurez actual.

Se parte de una visión global en el ámbito socioeconómico, para a medida que avanza este TFG ir profundizando en los elementos más relevantes de la ingeniería, mecánica y electrónica, para la consecución del objetivo principal, que es demostrar y registrar la gran evolución que ha sufrido el campo de la ingeniería electrónica, llegando a tal punto de ser imprescindible en sectores como el de la automoción.

Para ello, como objetivos secundarios se tienen los siguientes. Se procede a un análisis de algunos de los hitos más importantes que han marcado la evolución de la historia del automóvil, a fin de complementar el objetivo de este documento, sin obviar la importancia de las aportaciones previas a la inclusión de la electrónica en el sector.

Otro objetivo secundario es mostrar el recorrido histórico de la inclusión de la electrónica en el sector de la automoción sin dejar de mostrar también la evolución de la parte mecánica.

Además, se tiene el objetivo secundario de presentar un análisis de la relevancia y la situación de la electrónica en la actualidad, así como de las líneas de investigación presentes que representarán el futuro más cercano como son el automóvil eléctrico y autónomo.

Finalmente se presenta el objetivo de desarrollar un análisis que aborde todos los aspectos del documento y con el objetivo de reforzar la motivación principal de este TFG sobre la importancia que adquiere la electrónica en el sector del automóvil, pero a su vez atendiendo a los problemas y desventajas que han aparecido ante las nuevas tecnologías.

De tal forma que, tras ser presentados los objetivos de este trabajo, podemos agruparlos, por su perspectiva, en los siguientes conjuntos:

- Enfoque socioeconómico
- Enfoque en ingeniería (hitos más importantes)
- Evolución e involución del automóvil
- Actualidad y futuro del automóvil

#### 1.4.- Estructura de la memoria

El documento elaborado para este Trabajo de Fin de Grado ha sido redactado en un total de 9 capítulos. A través de esta estructura se logra ir profundizando en los diversos análisis, desarrollando un análisis en profundidad de los objetivos:

- **Capítulo 1:** Ofrece una introducción al trabajo realizado, dónde se presentan el contexto, justificación del trabajo, objetivos y la estructura que muestra el propio documento.
- **Capítulo 2:** Se realiza un análisis de la historia del sector del automóvil, en el cual se presenta con un enfoque socioeconómico.
- **Capítulo 3:** Se presenta un análisis de los hitos más importantes que sirvieron de precedente a la evolución del automóvil, así como los que facilitaron su progreso, ya sea de manera directa o indirecta.
- **Capítulo 4:** En este capítulo se presenta la evolución en la que se ha visto el sector de la automoción tras la integración de la electrónica en dicho sector. El análisis realizado se fundamenta en el objetivo principal y en referencia al título de este Trabajo de Fin de Grado.

Encontraremos un contenido detallado de la evolución electrónica en el sector del automóvil, así como las dificultades a las que se ha visto expuesta.

- **Capítulo 5:** Continuando con el objetivo principal, en este caso se realiza un análisis de la situación frente a la electrónica en el sector del automóvil. En este capítulo también se presenta un estudio y análisis de las líneas de investigación, en referencia a las nuevas tecnologías, que van a marcar la línea de tendencia en el sector del automóvil en el futuro más cercano.
- **Capítulo 6:** Tras los análisis realizados en los anteriores capítulos, se presenta en el capítulo 6 un análisis en referencia a toda la documentación presentada y analizada. Dicho capítulo se fundamenta en los objetivos principales por los cual dio comienzo este TFG. El análisis se divide en 5 apartados, comenzando con un análisis a nivel ético, un análisis sobre la evolución de la electrónica de cara a la rama de producción y reparación, análisis de la repercusión de la evolución electrónica frente al usuario final y se concluye con la exposición de un caso práctico, con el cual se verifica muchas de las conclusiones de los análisis de capítulos previos.
- **Capítulo 7:** Se desarrolla un análisis económico frente a las líneas evolutivas de las nuevas tecnologías en el sector, así como los riesgos a los que se ven expuestos los fabricantes que deciden apostar por las nuevas tecnologías e invertir en ellas.
- **Capítulo 8:** Finalmente se presentan las conclusiones finales tras la realización de todo el proceso de investigación estudio y análisis para este TFG, así como las competencias adquiridas como futuro ingeniero gracias a la elaboración de este trabajo. También se muestran las líneas futuras tras la realización de este TFG.
- **Capítulo 9:** Capítulo en el cual se muestra toda la bibliografía que ha sido consultada para la realización de este Trabajo de Fin de Grado.



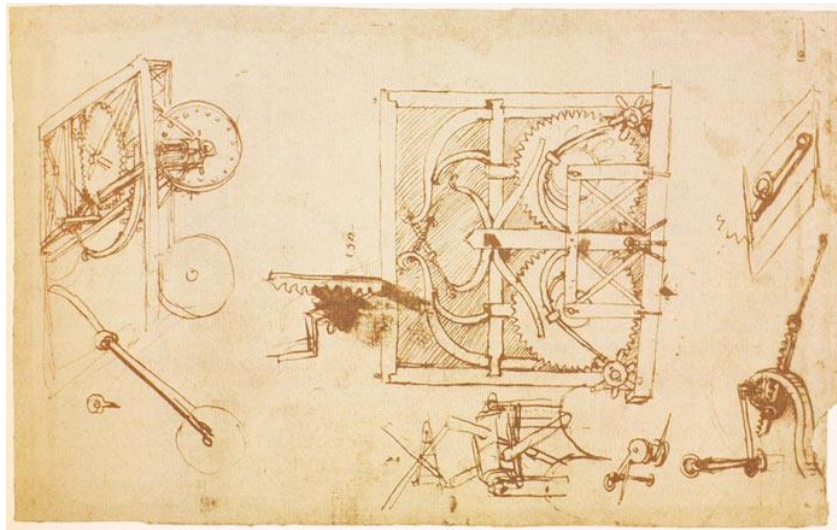
## 2.- Sector de la automoción (enfoque socioeconómico)

A lo largo de la historia, tecnología y sociedad avanzan siempre de la mano, al igual que el factor económico. Por esta razón, en este capítulo analizaremos el impacto del automóvil a lo largo de la historia desde un enfoque socioeconómico.

### 2.1.- Introducción al capítulo

El progreso de una idea depende de la sociedad y momento en que se presenten, pues a lo largo de la historia, ideas realmente brillantes vieron ralentizado su investigación por ser presentadas en una época no preparada aún para ingenieros tan avanzados.

A tenor del objeto de este trabajo, cabe mencionar a Leonardo Da Vinci quien alrededor de 1478 diseñó un boceto de lo que podría ser un vehículo autónomo. El cual únicamente podemos considerar como un antecedente remoto ya que no llegó a construirse. [González, C. (2020)].



**Ilustración 1. Boceto carro autopulsado de Da Vinci, L. Recuperado de [Academia Play,2021]**

Actualmente se conoce que, si esa idea hubiese prosperado, hubiera adelantado más de 200 años los inicios de lo que hoy se conoce como automóvil, ya que no es hasta 1769 cuando se puede hablar de lo que fue considerado a nivel histórico el primer coche, gracias al ingeniero francés Nicolas Joseph Cugnot, que presentaba su modelo conocido como “fardier”, aunque en algunas fuentes bibliográficas podemos encontrar que se hace

referencia a este automóvil con el nombre de “carromato”. Al igual que muchos avances tecnológicos, este se produjo en el ámbito de combate, con la finalidad de poder arrastrar grandes cantidades de armamento.



**Ilustración 2. Foto del modelo Fardier. Recuperado de [Iglesias S., (2019)]**

Este primer modelo supuso un gran paso para lo que hoy en día mueve nuestras vidas. Sin embargo, era un primer modelo de una compleja estructura, lo que llevó durante los años siguientes a la proliferación de numerosos prototipos, acentuado por la gran aceptación social que recibió más allá del ámbito exclusivamente militar. De tal manera, que en 1821 aparece una figura que hoy en día pasa desapercibida, incluso con tendencias a desaparecer. Hablamos del primer taxi de la historia autopropulsado, el cual apareció en Londres. El hecho de poder desplazarse en un vehículo motorizado supuso un gran cambio en la sociedad con vistas al progreso tecnológico, pues causó ilusión y gran esperanza [Cárdenas, L. F. (2013)]. Haciendo una similitud con la sociedad actual, podríamos expresar esa misma sensación en relación con Dennis Tito, Gregory Olsen, Anousheh, quienes han sido de los primeros en poder disfrutar de los primeros viajes espaciales, así como todos los que sueñan con poder hacerlo en un futuro no muy lejano. Como era de esperar, al igual que en el caso del espacio solo la población con elevado presupuesto económico pudieron disfrutarlo, pero se abre una oportunidad para que poco a poco el ciudadano medio pueda en un futuro usarlo.

Llegados a 1860 encontramos un nuevo avance de mano del ingeniero belga Etienne Lenoir, el cual dio forma al motor de combustión interna integrado en un vehículo. Pero no fue hasta el año 1870, cuando llegó el primer coche funcionando con gasolina como combustible, gracias al inventor alemán Siegfried Marcus [González, C. (2020)].



**Ilustración 3. Fotografía de Siegfried Marcus y el primer coche que creó.  
Recuperado de [Fogued, L., (2013)]**

Como podemos observar no es posible atribuir la idea en exclusiva a una persona, la gran aceptación social que tuvo la idea de viajar más rápido y la intercomunicación que suponía, acrecentó la aportación ideas, y así fue como varios inventores e ingenieros son participes en un gran desarrollo que presento el automóvil.

Comúnmente se hace referencia a la culminación del automóvil más sencillo, el cual va de la mano de Karl Benz y Gottlieb Daimler (ambos ingenieros alemanes) en la década de 1880. Ellos fueron quienes, sin conocerse, consiguieron unificar los conocimientos de sus predecesores y crear la unidad básica de partida del automóvil [Muñoz, R. (1993)].

El caso de Karl Benz es cuanto menos curioso, pues en sus primeros intentos de la búsqueda del éxito siempre acabó arruinado y endeudado. A pesar de ello, fue su persistencia quien le llevo al éxito. Ocurre con la obtención en 1886 de su propio invento del vehículo a tres ruedas funcionando con un motor combustión por gas. El prototipo tenía mucho que mejorar, aun así, el hijo de

Karl Benz no dudó en proponer a su madre poner a prueba el invento para realizar una visita familiar pero no fue Karl Benz quien disfrutó de las primeras andaduras de su invento, sino su mujer Berta Benz y sus dos hijos, quién según nos cuenta [García, M (2019)] en su artículo, Berta Benz quería realizar una visita a su madre y su hijo mayor le propuso utilizar el invento de su padre para ponerlo a prueba. Así fue como en 1888 se realizó uno de los primeros viajes más largos del comienzo de la era del automóvil, pues pese a ciertos contratiempos, consiguieron realizar el recorrido completo entre Mannheim y Pforzheim, ambas ciudades alemanas, el cual suponía unos 100 kilómetros de distancia.



**Ilustración 4. Karl Benz y Berta Benz en un modelo de 1894 [Recuperado de García, M. (2019)]**

Continuamos avanzando en el tiempo hasta el año 1895, cuando tiene lugar la concesión de la primera patente, que recoge una descripción del esquema seguido por la industria emergente del automóvil con motor de combustión interna de gasolina en aquella época (No. 549.160), la cual fue otorgada a George Baldwin Selden [Moreno, F. (2011)].

Cabe esperar que su nombre pasase a la historia como un referente, pero esto no ha sido así, ya que George Baldwin es el vivo ejemplo de cómo ya no una sociedad, sino un solo hombre fue capaz de frenar el progreso de una industria emergente como era la del automóvil. Entra en juego, en este caso el factor económico pues George no era ingeniero, sino abogado especialista en el ámbito de solicitud de patentes y la publicación de esta patente no fue más que una estrategia económica en el marco de los Estados Unidos, tras ser conocedor del prototipo del motor de combustión interna de George Brayton.

G. Baldwin rápidamente visualizó la gran potencia, a nivel industrial, que suponía dicho prototipo y se puso manos a la obra con su jugada maestra. Pero esto no quedó solo aquí, pues era consciente de que, si en aquel momento

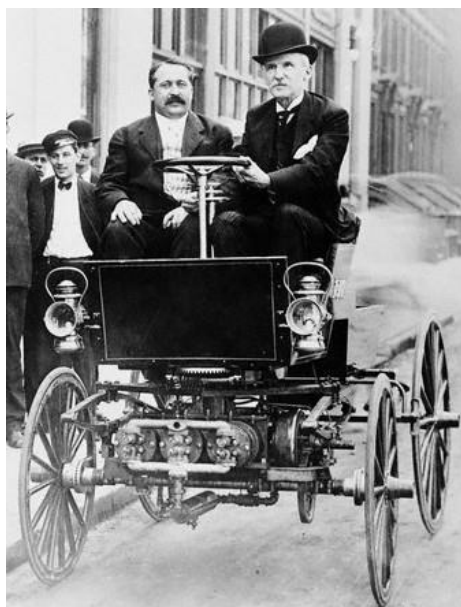
obtenía su patente, al no haber aun una industria que dependiese de dicha patente aparecería un modelo nuevo que lo esquivase. Por esta misma razón y gracias a sus grandes conocimientos en este ámbito, demoró su concesión hasta el momento estratégico de obtenerla, llegando a aplazarla hasta 16 años.

Lo que para G. Baldwin fue un triunfo económico con la obtención de su patente, para la industria del automóvil fue una sanción, pues todo progreso y toda innovación quedó frenada ante los impuestos sujetos a dicha patente, ya que todo aquel que quisiese entrar en el sector para progresar estaba obligado a pagar por los derechos de la patente.

Desde el momento de la aprobación de la patente de G. Baldwin, todos los coches fabricados llevaban una placa reconociendo su patente.



**Ilustración 5. Placa que presentaban los coches mientras la patente estaba vigente. Recuperado de [Moreno, F. (2011)]**



**Ilustración 6. Baldwin, G. conduciendo su coche. Recuperado de [Find A Grave (2010)]**

## 2.2.- Inicio de la industrialización del automóvil

En los años en los que nos situamos ahora -1890-1910-, fabricar un coche tenía un coste elevado, y esto revertía en su precio, siendo solo accesibles para la población con un presupuesto económico elevado. Es por eso que pasamos de la audacia de G. Baldwin, al ingenio y rebeldía de Henry Ford, el cual sabía que, abaratando los costes de fabricación, el precio medio del coche se vería reducido y conseguiría llegar al público medio siendo el beneficio mayor.

Para conseguir su objetivo H. Ford incorporó las primeras cadenas de montaje, buscando obtener un elevado número de coches y abaratar sus costes de fabricación. Pero aún tenía un coste fijo que no podría reducir, efectivamente hacemos referencia a la famosa patente de G. Baldwin. (No. 549.160).

H. Ford empieza a buscar la forma de evadir los impuestos ligados a la patente. Debido a que por la vía legal no lo consiguió, decidió no pagar ni poner la placa que se exigía con la patente. Los beneficiarios de la patente no iban a permitir esto, y por ello no solo tomaron represalias legales contra Henry Ford sino también contra el comprador individual, llegando incluso a utilizar publicidad incisiva, como fue el caso de la asociación ALAM (Automobile Licensed Association Manufacturers, asociación creada para cobrar a los empresarios la patente y simplificarles trámites) con el slogan “No compre una demanda judicial junto con su coche” [Moreno F. (2011)].

Estos hechos no consiguieron detener a H. Ford, pues de nuevo su tesón le llevó a crear una nueva estrategia que consistía en regalar un seguro que cubriese los gastos legales de las demandas por cada uno de sus coches. Como era de esperar finalmente Henry Ford se vio implicado en procedimientos legales, los cuales acabaron fallando a favor de G. Baldwin. Pese a ello, su visión era tan clara que rápido encontró otra nueva estrategia, en esta ocasión H. Ford vio que era menos costoso pagar las sanciones que pagar la patente. Además, había una gran diferencia entre G. Baldwin y Henry Ford, y es que este último sí que era conocedor y experto en el sector del automóvil, por lo que analizó a fondo la patente hasta que encontró un resquicio legal con el que poder eludir la misma. Este resquicio fue puramente técnico, como habíamos comentado anteriormente G. Baldwin era abogado y a pesar de que realizó una minuciosa investigación al presentar su patente, hubo un detalle que pasó por alto. La razón que derivó en la pérdida de su patente fue que había patentado un motor funcionando con ciclo Brayton en dos tiempos, mientras que H. Ford montaba en sus coches una derivaba del ciclo Otto el cual funciona en cuatro tiempos. Gracias a este matiz, H. Ford consiguió ganar la apelación a principios de 1911, llevando a la desaparición de la patente finalmente en 1912, [Harris, D. (2003)].



**Ilustración 7. Imágenes de Henry Ford. Recuperado de [El Comercio, (2017)]**

Este litigio legal supuso un impulso y una estrategia comercial admirable a tal escala que, el nombre de Henry Ford ha sido históricamente reconocido y aplaudido por las dos barreras que logró superar, por un lado, la legal para agilizar el progreso de la industria y, por otro, la social al querer ofrecer a la población media precios más asequibles.

### **Primeras cadenas de producción**

El método de producción utilizado por H. Ford ha recibido el nombre de “Fordismo”. Caracterizado por ser un método de alta producción en cadena mediante el abaratamiento de costes, el aumento de la mano de obra no cualificada y la realización de trabajos especializados en pequeñas tareas a desarrollar. Ford elimina la flexibilidad horaria del trabajador, pero a cambio incentiva con subidas de sueldo, buscando elevar su nivel económico y con ello su calidad de vida. Su método consiguió una subida de la producción hasta en un 4% entre finales del siglo XIX y mitad del siglo XX [López, J. F. (2020)].



**Ilustración 8. Imagen de una de las cadenas de montaje de Henry Ford.  
Recuperado de [El Comercio, (2017)]**

Aunque se obtuvieron progresos a nivel de producción, el “fordismo” junto con las técnicas de producción y desarrollo de la industria, tras años de aplicación, comenzaron a generar síntomas de monotonía, desmotivación y sobreexplotación en los trabajadores (por ejemplo, por el uso indicadores como cronometrar la producción). Este malestar repercutió en la plantilla (pues eran muchos los trabajadores que las sufrían), y dejaron constancia de ello en sus obras autores como Benjamin Coriat en su obra “EL TALLER Y EL CRONOMETRO” en el año 1993.

“En el origen de la cadena, violencia calculada, sistemáticamente aplicada contra el trabajo de los hombres, ese sueño original del capital en busca del <<movimiento perpetuo>> de la fábrica” (p.38).

Pese a ello, este modelo fue tan funcional a nivel industrial que se ha continuado usando hasta nuestros días, en sus diversas variantes. Ejemplo de ello es el conocido caso de la marca Toyota “toyotismo”, el cual no solo sigue las líneas del “Fordismo”, sino que aplica estrictas condiciones y con ello llegó a posicionarse entre las primeras líneas nivel mundial como fabricante en 2007.



### 2.3.-Primeras regularizaciones legislativas del automóvil

En la expansión de la industria del automóvil no todo fueron logros, también surgen nuevas preocupaciones, discriminaciones y peligros, principalmente en el capital humano de esta industria.

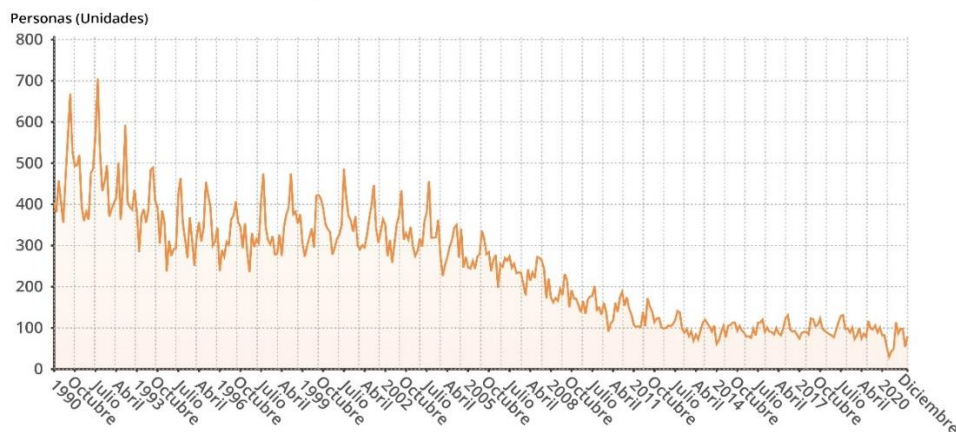
El aumento de los primeros automóviles en las ciudades no tardó en crear ciertas preocupaciones. Esto se debe a que pronto empezaron a sucederse los primeros atropellos y los primeros indicios de contaminación acústica. Ante el continuo aumento de dichos sucesos, los estados se vieron obligados a regular la libre circulación de vehículos, llegándose a prohibir su circulación en algunas ciudades del mundo y en otras apareciendo los primeros límites de velocidad.

En el caso de España se aprueba el 17 de septiembre de 1900 el **“Reglamento para el Servicio de Coches Automóviles por las Carreteras del Estado”**, dónde se inicia el sistema de matriculación y se limita la velocidad a 15km/h en ciudad y 28km/h fuera de población. Posteriormente se redacta el **“Código de circulación”** el 25 de septiembre de 1934 y se crea la DGT (Dirección General de Tráfico) en 1982 [DGT, (2021)].

En la actualidad y según los datos consultados en [DGT, (2021)] la contaminación vinculada al automovilismo, aparte de los problemas naturales, repercute en un incremento de estrés en las personas, que, sumado al sedentarismo por la facilidad de transporte, no solo genera muertes por accidente directo sino también muertes indirectas, como pueden ser las asociadas a los problemas de sedentarismo y sobrepeso. Se estipula que 1.3 millones de muertes son asociadas al automóvil en el mundo, siendo gran parte de ellas de personas jóvenes. Todos estos datos obligan a buscar un freno a todos los graves problemas de salud que derivaba. Naciones Unidas declaró que entre 2011 y 2020 fuese la década clave para reducir o poner soluciones a estos peligros. En la **ilustración 9** podemos observar cómo en el caso de España, las muertes han descendido con los años, pero entre 2011 y 2020 se estabilizan y no consiguiéndose nuevas reducciones.

### Víctimas mortales de accidentes de tráfico desde 1990

(Datos a 24 horas después del accidente)



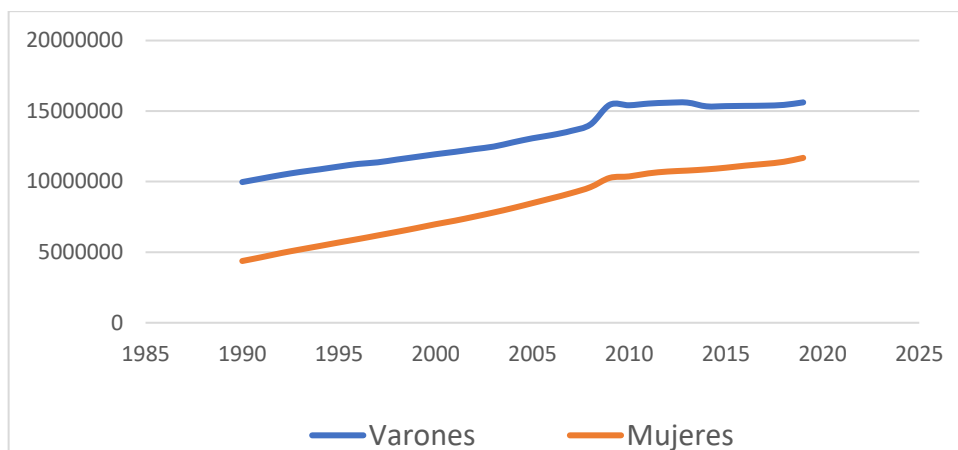
**Ilustración 9. Evolución del número de víctimas mortales en España entre 1990 y 2020. Recuperado de [epdata, (2021)]**

En relación con las regulaciones sobre la circulación de automóviles, uno de los casos de discriminación más notorio que sufrió la mujer en la historia fue el hecho de que a pesar de que uno de los primeros viajes de larga distancia fue realizado por una mujer (Bertha Benz) lo cierto es que el resto no llegaron a tener la suerte de disfrutarlo hasta pasados varios años. Situándonos en España, tras ser aprobado “Reglamento para la circulación de vehículos con motor mecánico por las vías públicas de España” en 1918, sólo la mujer soltera (con la aprobación de su padre) o viuda podía sacarse el carnet, ya que la mujer casada necesitaba de la aprobación de su marido. Siendo Catalina García González la primera mujer con carnet de conducir en 1925, y no solo logró el carnet, también dedicó su vida laboral a ser conductora de autobús como podemos ver en la **ilustración 10** [Rodríguez, G. (2018)].



**Ilustración 10. Foto en la observamos a Catalina, con vestido negro, junto con el autobús que conducía. [Recuperado de AG, (2021)]**

Analizando la **ilustración 11**, podemos ver cómo en el caso de España las licencias de conducción obtenidas tanto por mujeres como por hombres siguen tendencias similares desde 1990, sigue siendo mayor en número las de los hombres, a pesar de no existir restricciones discriminatorias.



**Ilustración 11. Comparativa de varones y mujeres en licencias obtenidas entre 1990 y 2019 [Elaboración propia]**

## 2.4.-Sector del automóvil en España

Centrándonos en el sector del automóvil en España, podemos obtener un análisis bastante representativo de cómo la sociedad, economía y la evolución del progreso van estrechamente unidos. En la época del despliegue del automóvil a nivel mundial, la sociedad española se encontraba en una posición bastante atrasada, afectada por una economía tradicional que junto con los conflictos políticos retrasaron la entrada del sector. Sin embargo, era tal el impulso del sector, que la sociedad española no pudo obviar su desarrollo e importancia. Observaba como en los países vecinos que contaban con una situación económica más asentada, los ciudadanos podían disfrutar del automóvil y de todas sus ventajas, eliminando paulatinamente ser una posibilidad exclusiva para altas capacidades económicas.

Se puede considerar que el punto de partida de la industria del automóvil en España comienza con Emilio de la Cuadra, al crear su empresa “Vehículos de La Cuadra” en 1899, dónde su primera intención era centrarse en los vehículos eléctricos, pero rápidamente observó que las limitaciones técnicas superaban a los posibles beneficios. Lo que le llevó al cambio de los motores eléctricos por motores de combustión, asentando su sede en Barcelona [Pérez, M. (2014)]. Pese a ser el iniciador del sector, las dificultades económicas le

llevaron a tener que cerrar en 1901, llegando a construir apenas 3 automóviles [Vidal, L. (2018)].

A pesar de que tuvieron lugar, en las primeras décadas de 1900, los primeros inicios del sector del automóvil, España no contaba con una infraestructura industrial adecuada, que sumado a la falta de mano de obra cualificada y una alta tasa de impuestos, dificultaba obtener un precio competitivo para las marcas españolas frente a las de países vecinos. En consecuencia, la gran mayoría de coches de la época provenían de la importación [Pérez, M. (2014)].

De los socios de La Cuadra, Mark Birkigt (suizo) y Damian Mateu (español) nacería en 1904 una asociación llamada “Hispano-Suiza”, enfocada al mercado de automóviles de lujo. Pero a consecuencia de la primera guerra mundial (1914-1918) fraccionaron su producción, diseñando a su vez motores de aviación en su fábrica de Barcelona. Su progreso fue notorio, consiguiendo situar sedes en Francia, localizadas en París, Levallois Perret, Bois Colombes, así como en España abrieron una nueva sede en Ripoll (Cataluña), junto con un segundo taller en Barcelona (España) dedicado a carrocerías y una fábrica en Guadalajara (España), la cual años más tarde se vendería a la marca Fiat, de origen italiano. Finalmente, el grueso de su negocio se centró en la aviación, dejando de lado el automovilismo. [Pérez, M. (2014)] y [Vidal, L. (2018)].



**Ilustración 12. Imagen del rey Alfonso XIII en su modelo de la marca Hispano-Suiza. Recuperado de [Rodríguez, R. (2021)]**

Pocos años después de la fundación de la marca Hispano-Suiza, Elizalde, quién fue criado y formado en el ámbito de la ciencia y la tecnología, a consecuencia de su matrimonio Carmen Biada (de nacionalidad española) y su gran interés

por el sector del automóvil, abre su negocio en 1909 en Barcelona. Al igual que la marca Hispano-Suiza, empezó centrando su producción en automóviles de lujo, pero finalmente, en el año 1924, se dedicó en exclusiva a fabricar motores para la aviación. Su legado dura hasta 1951, año en el cual es expropiada por el Instituto Nacional de Industria (INI), [Vidal, L. (2018)].

Con un recorrido empresarial opuesto a estas dos compañías (Hispano-Suiza y Elizalde), encontramos el caso de Wifredo Ricard, el cual creó su “compañía Ricard” (1920), enfocada al mundo de la aviación. En el año 1926, decidió dar una oportunidad al automovilismo, con escaso alcance, ya que no sumó más de 4 años como fabricante de coches [Vidal, L. (2018)].

Como ya hemos mencionado, la situación de España, en las primeras décadas de 1900, no era la más idónea para la propulsión de una industria, pues se estaba sujeta a altos costes indirectos debidos a las estrategias económicas del momento. En consecuencia, las grandes empresas no se asentaron en nuestro país, dejando margen para que las empresas instaladas pudiesen experimentar y expandirse ganándose un puesto a recordar en la historia. Los proyectos empresariales que hemos relatado dieron visibilidad al país, llamando la atención de dos grandes multinacionales, las cuales, pese a que a nivel económico aún no era muy rentable, decidieron dar una oportunidad a España. Nos referimos a **Ford y General Motors**.

Ford se posicionó en la ciudad de Cádiz (1920) por una corta instancia ya que en 1923 cambia su localización a Barcelona. General Motors tardó unos años más en asentarse, siendo en el año 1925 cuando abre una sede en Barcelona [Pérez, M. (2014)].

Por todo ello, Barcelona, por su geolocalización, se convierte en un punto estratégico para el comercio automovilístico, concentrando a las grandes marcas con sede en España. Esto alcanza tal importancia, que en el año 1929 tuvo lugar el Congreso Internacional de Contabilidad, que junto con la Exposición Universal abrieron las puertas de España al mundo [Muñoz, R. (1993)].

Los avances anteriormente mencionados en la industria repercutieron directamente en la sociedad española y en su economía. La infraestructura industrial hasta la época estaba formada en gran parte de empresas pequeñas con una producción artesanal, que se vinculaban con las empresas multinacionales que ensamblaban las piezas aportadas por el conjunto de esos pequeños talleres de España y las piezas importadas. A pesar de ello, el autor [Pérez, M. (2014)] relata cómo el hecho de tal diversificación en la producción en pequeñas empresas, sin un consorcio común, repercutía en una notoria

limitación para la expansión, encabezada principalmente por no contar con una gran capacidad financiera.

#### 2.4.1.-Repercusiones de la Guerra Civil (1936-1950)

El 17 de Julio de 1936 un conflicto social como es la Guerra Civil (1936-1939), supone una crisis para el progreso de la industria del automóvil en España. Fueron pocas las fábricas que se consiguieron mantener activas y las que lo consiguieron, fue con un bajo rendimiento como es el caso de Ford. En otros casos fueron expropiadas para uso militar, como es el caso de General Motors, la cual cesó su actividad tras finalizar la guerra en 1939, [Ortiz, J. M. (2010)].

Una vez finalizada la guerra civil en 1939 se tomaron una serie de decisiones políticas con afán de potenciar la industria española, pero que como veremos a continuación, no dio los resultados esperados en el ámbito automovilístico. Las remodelaciones que tuvieron lugar se basaban fundamentalmente en tres principios: El estado interviene en la regulación del mercado privado, facilitar la proliferación de empresas privadas y la industria pública. Destaco las siguientes leyes que encontramos en la Tesis Doctoral de [Pires, L. E. (1999), (p.116)]

- Ley sobre Ordenación y Defensa de la Industria Nacional (24/11/1939)
- Ley de Protección a la Industria de Interés Nacional, (24/10/1939)
- Ley de Creación del Instituto Nacional de Industria (INI) (25/9/1941)

Como podemos ver, destaca el propósito de proteger la industria española, el cual frenó severamente la evolución del sector del automóvil, pues como vimos en la etapa previa a la Guerra Civil, España no contaba con una infraestructura sólida como para autoabastecerse al 100%. Es por ello, que el Ministerio de Industria y Comercio defendía la interacción con el mercado extranjero, pero dando preferencia a la industria interna.

El estudio del autor [Ortiz, J. M. (2010), (p.146)], nos ilustra cómo ante la nueva situación en España, se presentaron varias iniciativas de la mano de las grandes empresas de la época.

La primera empresa en tomar iniciativa fue la multinacional General Motors, pretendiendo aumentar el 45% de la industria referente a camiones y turismos para poder promover la exportación. Ante dicha propuesta, el estado no vio oportuno dar tan alto porcentaje sobre el sector a la multinacional, la cual, ante esta decisión, como ya habíamos adelantado, abandonó su proyecto en España.

Las cuatro siguientes iniciativas fueron presentadas de la mano de Ford Motor Ibérica, Banco Urquijo-FIAT, Daimler-Benz e Hispano-Suiza. Las cuatro tenían una base en común que residía en la tecnología del extranjero. Pese a que las cuatro cumplían los requerimientos acordes a las leyes vigentes, el INI se opuso contundentemente a dichas propuestas, alegando, como argumento principal, que no existía un alto porcentaje de participación de la industria española en ninguna de ellas y, en consonancia, defendía sus propios intereses con ENASA y SEAT.

El estado falló a favor del INI [Ortiz, J. M. (2010), (p.146)], consecuentemente no solo se limitó el progreso de grandes empresas experimentadas en el sector, sino que además los proyectos de ENASA y SEAT no se lograron implementar a corto plazo. ENASA (Empresa Nacional de Autocamiones S.A) no aparece hasta el año 1946, con el objetivo de ampliar el parque de automóviles del país por medio de la venta de modelos fiables y modernizados, llegando a ser una de las marcas más vendidas en España, expandiendo también sus ventas a los continentes de Asia, Europa, África y América. SEAT (Sociedad Española de Automóviles de Turismo) se crea en el año 1949, [Muñoz, R. (1993)]. Tras numerosos intentos de acuerdo, la multinacional Ford abandona el país en 1954 [Ortiz, J. M. (2010), (p.147)].

La retirada por parte de las grandes multinacionales supuso un duro golpe para la economía española. La infraestructura industrial española se basaba en ser proveedores, numerosos negocios familiares que abastecían a estas grandes empresas.

En la **tabla 1** se presenta una tabla de cómo estaba distribuida la infraestructura de componentes a nivel geográfico y en la **tabla 2** su posicionamiento frente al resto de la industria derivada del sector.

Región/Provincia	N.º de empresas	%	N.º de elementos producidos	%
<b>ANDALUCÍA</b>	7	3,9	7	2,7
Jaén	1	0,6	1	0,4
Málaga	1	0,6	1	0,4
Sevilla	5	2,8	4	1,5
<b>ARAGÓN</b>	8	4,4	10	3,8
Zaragoza	8	4,4	10	3,8
<b>CANTABRIA</b>	1	0,6	1	0,4
<b>CASTILLA Y LEÓN</b>	6	3,3	6	2,3
Burgos	2	1,1	2	0,8
Salamanca	2	1,1	2	0,8
Segovia	1	0,6	1	0,4
Valladolid	1	0,6	1	0,4
<b>CATALUÑA</b>	63	35,0	96	36,9
Barcelona	62	34,4	95	36,5
Gerona	1	0,6	1	0,4
<b>COM. VALENCIANA</b>	2	1,1	2	0,8
Castellón	1	0,6	1	0,4
Valencia	1	0,6	1	0,4
<b>GALICIA</b>	6	3,3	7	2,7
La Coruña	2	1,1	3	1,2
Pontevedra	4	2,2	4	1,5
<b>ISLAS BALEARES</b>	1	0,6	1	0,4
Palma de Mallorca	1	0,6	1	0,4
<b>MADRID</b>	14	7,8	15	5,8
<b>NAVARRA</b>	1	0,6	2	0,8
<b>PAÍS VASCO</b>	69	38,3	111	42,7
Álava	3	1,7	3	1,2
Guipúzcoa	27	15,0	48	18,5
Vizcaya	39	21,7	60	23,1
Desconocida	2	1,1	2	0,8
<b>Total</b>	<b>180</b>	<b>100,0</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>

Fuente: San Román (1995), Apéndice 3.

Tabla 1. Infraestructura a nivel geográfico de la industria automovilística.  
Recuperado de [Ortiz, J. M. (2010)]



Sector principal	N.º de empresas	%	N.º de elementos que fabrican	%
Componentes automoción	62	34,4	85	32,7
Construcciones metálicas	36	20,0	52	20,0
Construcciones mecánicas	18	10,0	28	10,8
Fundición	9	5,0	12	4,6
Caucho	8	4,4	9	3,5
Química	8	4,4	9	3,5
Siderurgia	8	4,4	14	5,4
Textil	6	3,3	6	2,3
Cristalería	4	2,2	4	1,5
Maquinaria y construcciones metálicas	4	2,2	12	4,6
Aparatos eléctricos	3	1,7	5	1,9
Curtidos	3	1,7	3	1,2
Herramientas	3	1,7	4	1,5
Material de transporte-Aviación	3	1,7	3	1,2
Astilleros	2	1,1	2	0,8
Material de transporte-Ferrocarril	2	1,1	10	3,8
Hilos y cables eléctricos	1	0,6	2	0,8
<b>Total</b>	<b>180</b>	<b>100,0</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>

Fuente: San Román (1995), Apéndice 3.

**Tabla 2. Ranking de las industrias derivadas del sector del automóvil.  
Recuperado de [Ortiz, J. M. (2010)]**

#### 2.4.2.-Décadas de superación, conflictos y adaptación del sector (1950-1970)

A pesar de todas las dificultades a las que el sector se ve condicionado, en la década de 1950 aparecen ciertos indicios que suponen un pequeño impulso en pro del progreso y la modernización.

Pesa a que el grupo SEAT aparece en 1949, no es hasta 1953 cuando comienza su producción en Barcelona, con el asesoramiento de Fiat. Paralelamente, en el año 1951 se crea una asociación de empresarios españoles con el objetivo de crear una fábrica de automóviles con el nombre de FASA (Factoría de Montaje de Fabricación de Automóviles S.A), localizada en la ciudad de Valladolid, la cual daba inicio a su producción dedicada a modelos del grupo Renault (Marca francesa) en 1953 [Vidal, L. (2018)].

Tanto el grupo SEAT como FASA han marcado la historia de la sociedad española durante muchos años, ya que fueron los primeros en fabricar coches asequibles para el ciudadano medio. El modelo **Renault 4CV** con su primera unidad en 1953, el célebre **SEAT 600**, presentado en el Salón de Ginebra en el año 1955 junto con su competidor francés el **Citroën 2CV**, empresa que se asienta en el país el año 1957, [Pérez, M. (2014)], [Vidal, L. (2018)].



Renault 4CV



Seat 600



Citroën 2CV

Ilustración 13. Renault 4CV. Recuperado de [autolib, (2021)]. Seat 600. Recuperado de [autolib, (2021)]. Citroën 2CV. Recuperado de [autofacil, (2021)]

Cabe destacar en esta década a Eduardo Barreiros, con una trayectoria que se inicia con un taller en la ciudad de Orense, derivando en una potente estructura industrial en el sector del automóvil, destacando como fabricante de coches y en especial por la introducción de los motores diésel en España. Otra de sus grandes estrategias fue el asociarse con el fabricante americano Chrysler, en el año 1963. En la misma década el empresario Félix Huarte, tras una vida laboral en el mundo empresarial (y en especial en el sector de la construcción), delegó sus negocios a sus hijos para continuar su carrera dedicándose a la política, llegando a ser presidente de la Diputación de Navarra en el año 1964. Su recorrido en política lo dedicó a fomentar la industrialización en el territorio de Navarra con el programa PPI (Programa de Promoción Industrial), apostando fuertemente por el sector del automóvil y la industria de componentes [Ortiz, J. M. (2010)].

A pesar de que el progreso era muy pausado, si observamos la tabla de la **tabla 3**, la evolución en producción de coches fue en aumento, siendo ésta de 637 en 1950 para pasar a 79.859 en 1961.

LAS INDUSTRIAS AUXILIAR Y PRINCIPAL DEL AUTOMÓVIL EN ESPAÑA: ALGUNAS CIFRAS, 1927-2007

Año	Industria auxiliar (1)						Industria principal (2)			
	N.º aproximado de empresas		N.º de trabajadores	Distribución regional de las empresas (%)				Vehículos fabricados (unidades)	Vehículos ensamblados y fabricados (matriculados-importados)	N.º de trabajadores
	Total España	Barcelona		Cataluña	País Vasco	Madrid	Otras			
1927	208	73					585	8.090		
1936								9.575		
1942	180	62		35,0	38,3	7,8	18,9	3.027		
1950	429			32,2	34,5	11,7	21,7	1.881	2.493	
1961	1.329						20,0	79.859	25.125	
1967	1.700 (1.500)		50.000					362.766	49.279	
1968			83.520					392.691	55.123	
1970			90.000					530.780	64.052	
1972			100.135					695.668	74.079	
1973				37,4	31,9	11,3	19,4	822.297	82.930	
1978			129.000					1.140.776	99.772	
1983			108.000					1.255.321		
1985	1.667		114.000	36,0	19,0	18,0	27,0	1.407.561	96.758	
1986			118.000					1.534.020	95.267	
1993	1.348		174.074					1.768.923	83.710	
1996	1.695		203.108	37,0	19,0	15,0	29,0	2.419.656	75.513	
2000	1.623		248.300					3.040.023	83.467	
2006	1.489	503	247.772					2.783.942	71.172	
2007			245.666	36,5	18,3	13,1	32,1	2.898.627	69.929	

Fuente: (1) Datos relativos a la industria auxiliar: *Auto Revista*, 5.VIII.1967, p. 12 (1.700 empresas en 1967). *Auto Revista*, X.1987; Bueno y Ramos (1986), cuadro I.1, p. 13 (empleo de 1978 y 1983: incluye actividades ajenas a la automoción de empresas catalogadas dentro de la industria auxiliar del automóvil); Catalan (2000), p. 119 (empresas barcelonesas en 1927) y p. 125 (en 1950 había más de 200 talleres productores de componentes en España); Escudero (1997), gráfico 2, p. 111 (dato de % regional de 1996); García Ruiz (2003), p. 44 (1.500 empresas y 50.000 trabajadores en 1967); INE, Inebase ([www.ine.es](http://www.ine.es)) (n.º de empresas del sector en 1993-2006<sup>3</sup>); Margalef (2004), p. 81 (n.º de empresas y distribución regional en 1950) y p. 91 (n.º de empresas de 1961: informe del CEAM, 1966); San Román (1995), Apéndice 3 (empresas barcelonesas y distribución regional en 1942); Santamarta (1988), cuadro 28, p. 133, cuadro 30, p. 134 (peso de otras regiones en 1985: Navarra, 7%; Aragón, 5%; Castilla y León, 4%; Valencia, 3%; Castilla-La Mancha, 2%; Andalucía, 2%; Galicia, 2%; Asturias, 1%) y p. 148 (unas 300 empresas y 15.000 personas empleadas en la industria auxiliar en Madrid en 1985); Sernauto, *Informes del Sector, 1998-2006*; para el dato de la distribución regional en 2007, véase el Apéndice 2 (empresas asociadas en Sernauto en 2008).

**Tabla 3. Cifras significativas de la industria derivada del sector del automóvil en España en los años 1927-2007. Recuperado de [Ortiz, J. M. (2010)]**

A pesar de haber logrado progresos en el sector dentro del país, nos encontramos en una época (década de 1960) en la que se dan una serie de circunstancias sociales y políticas que marcaron el rumbo de la evolución tecnológica en un país entero. Esta industria ya asentada mundialmente y que se encontraba en pleno auge, y habiendo tomado de referencia los claros beneficios que ofrecía en nuestros países vecinos, requería que España se mantuviese en el mercado de forma sólida y competitiva, sin embargo, eso no fue posible.

Ya se constató que en la década previa a la guerra civil los limitantes socioeconómicos ralentizaron la entrada del automóvil en España. 50 años después se repetía una situación similar. La infraestructura en el sector del automóvil continuaba siendo mayoritariamente encabezada por pequeños talleres familiares, los cuales, a pesar de haber sido clave para dicha industria en sus inicios, a la fecha se habían quedado muy atrasados respecto del sector que evolucionaba a tal ritmo que no permitía su progresiva adaptación. Principalmente por falta de conocimiento tecnológico y capacidad financiera. Debemos tener en cuenta que España fue gravemente azotada en su economía por la guerra civil, sumado a los continuos desacuerdos con empresas extranjeras que buscaban asentarse en el país, no solo supuso una gran pérdida económica, también tecnológica. Todo esto repercutía en que la demanda superaba a la producción y las demoras de entrega de unidades podían extenderse hasta un año. En consecuencia, el mercado de las importaciones seguía abarcando el 50% en 1967 [Ortiz, J. M. (2010)].

En el año 1956 aparece una nueva empresa avalada por el INI, ENSIDESA (Empresa Nacional Siderúrgica Sociedad Anónima) tratando de alcanzar los niveles de competitividad extranjeros mejorando las técnicas y materiales de producción. Partiendo de un capital público de 1000 millones de pesetas, asentó sus primeros cimientos en el año 1951, en Avilés. La magnitud de este proyecto llegó a generar empleo para casi 50.000 personas durante el proceso de puesta en marcha, [Sanchís, A. (2018)].

Buscando una solución que impulsase el mercado interno, el 8 de julio de 1964 se publica una nueva orden ministerial, la cual obligaba a que los vehículos producidos en el país debían contar con más del 70% del valor en piezas nacionales, viéndose aumentado hasta el 90% en un periodo máximo de 3 años [Ortiz, J. M. (2010)]. A pesar de que esta decisión no logró su objetivo, sí que sirvió como antecedente, pues cada vez era más evidente que no se estaba siguiendo el camino adecuado para el progreso en el sector de la automoción.

Llegado el año 1967 la asociación AMMA (Associazione Metallurgici Meccanici Afino, formada por 850 empresas) presenta ante el estado un proyecto para la instalación de 35 empresas italianas en Zaragoza [Ortiz, J. M. (2010)]. La propuesta ofrece una oportunidad para poder hacer una transición y cambiar así el camino hacia el progreso, por lo que el estado accedió y facilitó a la asociación todo cuanto necesitaban para que el proyecto se llevase a cabo en el menor tiempo posible.

Frente a ese proyecto, la industria española existente vio peligrar gravemente todos sus privilegios y estrategias de mercado, de tal forma que reclamaron la creación de un organismo que velase por la justa competencia, consiguiendo que Gregorio López Bravo, Ministro de industria en esa época, aceptase la creación del Servicio Técnico Comercial de la Industria Auxiliar de Automóviles,

asociación que se consolidó el año 1967 y que contaba con representación y capacidad de negociación en todo el territorio del estado.

Aun siendo evidente la necesidad urgente de un cambio y remodelación de las técnicas del mercado automovilístico, el proceso para lograrlo se alargaba en el tiempo y, junto con el descontento generalizado de la industria interna, finalmente se tomó la decisión de denegar el proyecto presentado por la asociación AMMA, privándose de los futuros beneficios que hubiesen repercutido favorablemente en la economía [Ortiz, J. M. (2010)].

#### 2.4.3.-Cambio de paradigma sociopolítico en las décadas 1970-1990

Con la llegada la década de 1970, la evidencia, causada por los resultados no favorables de las estrategias de preparación industrial en los años previos, finalmente propulsó el esperado cambio. Los giros políticos más importantes para la industria aparecen con el Real Decreto 3339/1972 del 30 noviembre de 1972, mediante el cual se procede a una apertura controlada a la tecnología extranjera a través del fomento de las exportaciones. Se reduce el porcentaje que obligaba a incluir en la producción componentes procedentes de la industria española del 95% al 50%, con la condición de que estas nuevas empresas dediquen 2/3 de su producción a la exportación, dando así tregua a la industria española a la readaptación del mercado.

Por otro lado, a finales de 1972, se rebaja el porcentaje de impuestos dedicados a la renovación tecnológica de la industria del automóvil pasando del 30 al 5 %, [Font, J et al (2004)].

Con estas medidas, se consigue que en 1972 Ford vuelva a situarse en el país y General Motors en el año 1979. A pesar de que, inevitablemente, muchos de los pequeños talleres no consiguieron adaptarse y terminaron cerrando sus puertas, en cómputo general, la infraestructura de componentes llevó a cabo un arduo trabajo para la adaptación y la exigida ampliación de los conocimientos tecnológicos para poder lograr competitividad con el mercado extranjero, lo cual se vio recompensado con un aumento de financiación y salarios y así, consecuentemente, de la calidad de vida de los trabajadores a mediados de la década de 1980.

Desde mediados de la década de 1970, el precio del petróleo se había encarecido considerablemente. En 1973 derivó en una crisis que afectó a buena parte del mundo. En 1979 y 1980, la revolución iraní junto con el comienzo de la guerra entre Irán e Irak, el petróleo llegó a sus picos máximos de 36.8 dólares por barril, afectando a un elevado número de países, razón por la cual se catalogó como crisis a nivel mundial [Luque, M. (2015)].

A pesar de la repercusión que supuso esta crisis, en esta ocasión el sector del automóvil español no frenó su expansión, pues supo adaptarse y potenciar la investigación en la optimización del consumo y de los motores diésel para hacer frente a la alta subida del petróleo, consiguiendo a finales de la década, una optimización del consumo superior al 25% [Pérez, M. (2014)].

En 1886, España pasa a formar parte de la Unión Europea, suceso que supone el impulso definitivo que necesitaba el sector del automóvil para posicionarse en las primeras líneas de competición mundial, adquiriendo en el año 2002 la sexta posición a nivel mundial en exportación y tercero de Europa [Pérez, M. (2014)].

FACTURACIÓN, EXPORTACIÓN, IMPORTACIÓN Y DEMANDA INTERNA DE EQUIPOS Y COMPONENTES DE AUTOMOCIÓN EN ESPAÑA, 1968-2007 (MILLONES DE € DE 2007)

Año	Facturación nacional y su destino			Importación (3)	Demanda interna de componentes		
	Exportación (1)	Mercado interior (2)	Total (1)+(2)		Total (2)+(3)	% de producción nacional	% de importación
1968	281	2.156	2.437	391	2.547	84,6	15,4
1972	634	2.467	3.102	589	3.056	80,7	19,3
1980	1.587	3.383	4.970	1.162	4.545	74,4	25,6
1985	2.227	5.841	8.068	2.087	7.928	73,7	26,3
1986	2.403	6.001	8.405	2.649	8.651	69,4	30,6
1995	7.372	7.804	15.174	10.997	18.801	41,5	58,5
1996	8.993	8.097	17.090	11.979	20.076	40,3	59,7
1997	9.685	9.800	19.485	12.606	22.406	43,7	56,3
1998	10.693	11.121	21.814	14.621	25.742	43,2	56,8
1999	11.596	12.129	23.725	16.499	28.628	42,4	57,6
2000	12.734	13.059	25.793	18.557	31.616	41,3	58,7
2001	13.231	12.978	26.209	17.566	30.544	42,5	57,5
2002	13.713	12.983	26.696	17.789	30.772	42,2	57,8
2003	14.382	13.862	28.244	18.690	32.552	42,6	57,4
2004	15.342	14.491	29.832	19.403	33.894	42,8	57,2
2005	16.352	14.411	30.763	20.653	35.064	41,1	58,9
2006	17.491	14.468	31.959	22.847	37.315	38,8	61,2
2007	17.878	14.995	32.873	26.138	41.133	36,5	63,5
Variación 1968-2007 (%)	6.257,8%	595,7%	1.249,1%	6.578,0%	1.515,0%	-56,9%	313,5%

Tabla 4. Evolución a niveles económicos del sector en los años 1968-2007. Recuperado de [Ortiz, J. M. (2010)]

#### 2.4.4.-Internacionalización del mercado español (1990-2007)

A pesar del gran avance en el sector, el precio de los automóviles seguía siendo muy elevado para la mayoría de las familias españolas. Lo que suponía que el movimiento interior del mercado fuese muy lento en la clase media baja.

Llegados a la década de los 90, el sector de la automoción se había convertido en un pilar económico fundamental y era necesario potenciarlo. En la

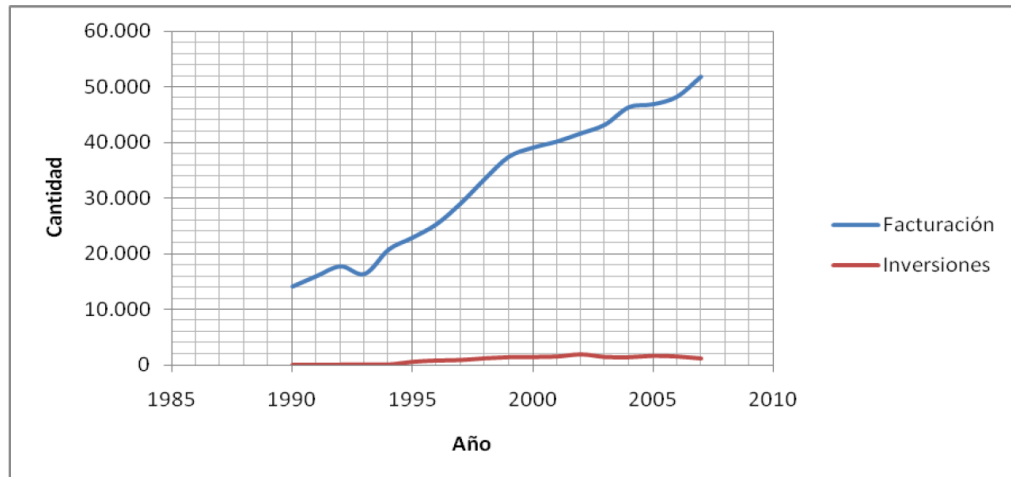
Ilustración 14 podemos observar algunas medidas políticas que se implantaron buscando agilizar el movimiento de compra/venta de vehículos.



Ilustración 14. Planes para potenciar la renovación de coches. Recuperado de [DGT, 2004]

El potencial progreso del sector en el país (1990-2007) tiene repercusión directa en la economía por medio de la generación de nuevo empleo. El progreso implica que cada vez se obtiene tecnología más moderna y eficiente, pero con la desventaja de que se reduce la necesidad de mano de obra en las primeras líneas de producción. Cabe recordar, que la parte más fuerte del sector es la de componentes, por lo que, pese a la reducción de mano de obra directa, el cómputo total sigue suponiendo un 8% de empleo de la población activa, doblando la media de la Unión Europea, que se sitúa en el rango del 4%. De igual manera, podemos ver el gran aporte a la sociedad reflejado en el PIB, que supera el 5% de la totalidad [Pérez, M. (2014)].

Como hemos mencionado anteriormente, el sector de componentes predominaba en el país y en el gráfico de la ilustración 15 podemos observar en progreso entre 1990 y 2007.



**Ilustración 15. Relación entre inversiones y facturación en el sector de componentes en España entre los años 1990 y 2007. Recuperado de [Pérez, M. (2014)]**

En el año 2000 comienza a estructurarse un reglamento con el objetivo de potenciar la investigación y desarrollo (I+D), siendo en la Resolución del 6 de noviembre de 2002, cuando se redacta la convocatoria para siguiente año de un Plan Nacional, la cual afecta al “Programa Nacional de Automoción del Programa de Fomento de la Investigación Técnica (PROFIT), incluido en el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2000-2003)”, [BOE nº.273 (2002)]. Mediante dicho plan se pretende fomentar por medio de ayudas y subvenciones la industria de componentes, reforzando las investigaciones en materias de mantenimiento y seguridad, de tal forma que se gane en valor añadido y fiabilidad, así como que sea posible convertir en piezas de ensamble directo sin necesidad de pasar por intermediarios. En esta Resolución se otorga importancia a la electrónica, control y comunicación, sistemas centralizados y también a los componentes eléctrico-hidráulicos.

Por otro lado, también se centra en investigaciones referidas al reciclado y vehículos de transporte especial, así como transporte público.

## 2.5.-Repercusión de la crisis de la burbuja inmobiliaria (2007-2013)

La crisis financiera, consecuencia de la burbuja inmobiliaria, que tuvo lugar a finales del año 2007 con repercusión a nivel mundial, afectó directamente en todo el ámbito económico y, por tanto, también en el sector automovilístico. En estas fechas el sector ya estaba tan asentado a nivel mundial que se había

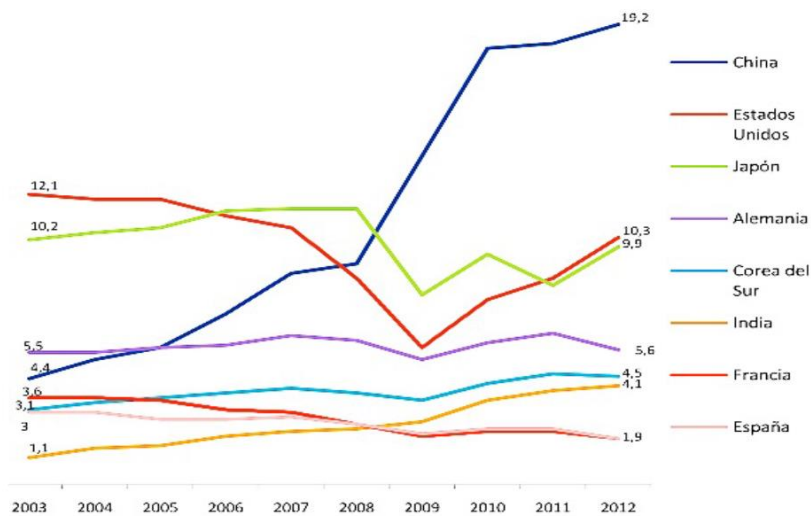


convertido en uno de los pilares económicos y, en consecuencia, en mayor o menor medida, no pudo librarse de las notorias repercusiones como presentamos a continuación.

El hecho que mejor puede reflejar el alcance de esta crisis es la quiebra de General Motors (GM), considerada una de las potencias mundiales del sector y que abarcaba gran parte de la producción de EEUU. La marca se vio inmersa en un proyecto de expansión tan grande cuando llegó la crisis, que la situación se hizo insostenible, llegando a alcanzar los 90.000 millones de dólares en pérdidas entre 2006 y 2008 [Fdez, Rquez, J., V., (2014)].

La industria del automóvil no solo era un pilar económico, también era un baremo de país desarrollado, y al igual que ocurrió en EEUU con GM (General Motors), el resto de potencias mundiales se vieron gravemente perjudicadas, revertiéndose la situación en favor de los países en vías de desarrollo.

Tal fue la ventaja para los países en vías de desarrollo que EEUU acabó perdiendo su puesto de liderazgo en el sector mundial, pasando los países Brasil, Rusia, India y China (BRIC) a ocupar las primeras líneas en el mercado.



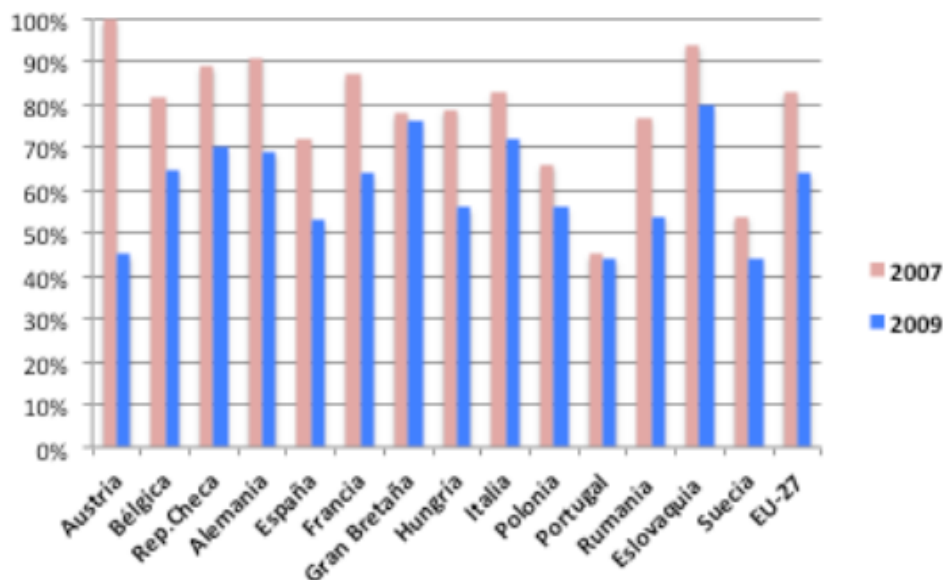
**Ilustración 16. Gráfico de producción por países del año 2003 al 2012.**  
Recuperado de [Fdez, Rquez, J., V., (2014)].

### 2.5.1.-Repercusión de la Crisis en Europa

Los países más desarrollados habían expandido tanto sus industrias, que, ante la llegada de la crisis, su infraestructura tornó insostenible. Un claro ejemplo lo encontramos en Europa, donde se contaba con una infraestructura de fábricas

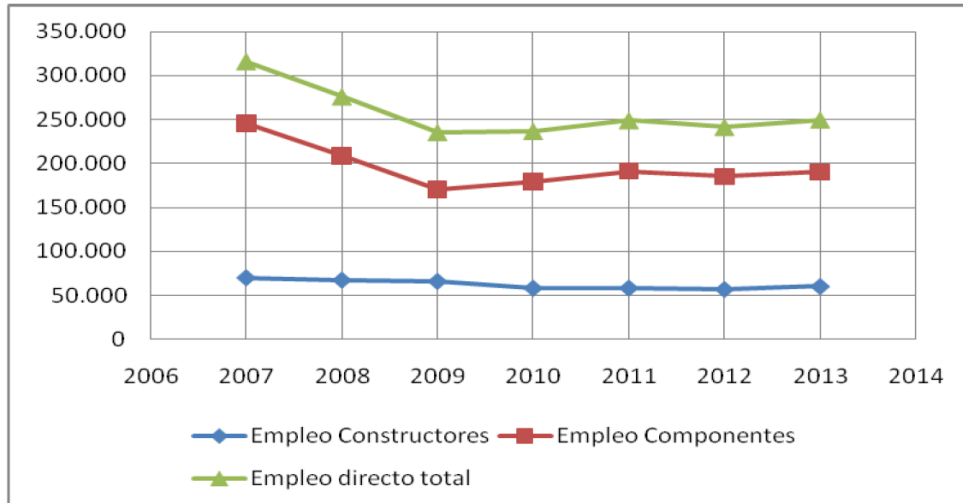
cuya oferta de producción superaba con creces la demanda, lo que implicó la clausura de numerosas fábricas para disminuir el exceso de producción, estimado en cerca de 20 millones. Circunstancia que también derivaba en el despido de la mano de obra [Fdez, Rquez, J., V., (2014)].

Es por ello que las autoridades gubernamentales tuvieron que intervenir para frenar en la medida de lo posible esta avalancha de cierres y despidos, que tan graves consecuencias directas e indirectas traerían, mediante ayudas y subvenciones. En el gráfico de la **ilustración 17** observamos el resultado del gran esfuerzo por parte de los gobiernos para mantener este sector. Vemos que en 2009 muy pocos países en Europa tenían las fábricas del sector trabajando con un rendimiento superior al 60%, de forma que si no hubiera sido por las ayudas no habrían tenido rentabilidad y habría supuesto el cierre.



**Ilustración 17. Comparación del rendimiento de explotación de la producción de automóviles entre 2007 y 2009. Recuperado de [Fdez, Rquez, J., V., (2014)]**

En la gráfica de la **ilustración 18** podemos observar la evolución el empleo en el sector entre el año 2007 y 2013 en España.



**Ilustración 18. Evolución de empleo en la industria del automóvil española.**  
Recuperado de [Pérez, M. (2014)].

### 2.5.2.-Medidas políticas para potenciar el sector del automóvil español

El automóvil es un sector que se encuentra constantemente vinculado a tasas de impuestos, véase el impuesto de matriculación en el momento de la compra, el impuesto de circulación anual, la ITV con su respectivo IVA, el IVA del combustible, etc.

Es innegable que la competencia del mercado reside en poder dar las mejores prestaciones al menor precio. Sin embargo, el continuo añadido en las tasas que se imponían a los vehículos, sumado a la crisis económica, llevó consigo que las compras de vehículos se viesen altamente reducidas y los ciudadanos alargasen al máximo la vida de sus vehículos. Frente a esta situación tuvieron lugar una serie de medidas basadas en el plan RENOVE, planteadas para potenciar el mercado que tan buena acogida tuvo en el pasado. Dichas medidas las presentamos a continuación (Plan PIVE), obtenidas del estudio del mercado de [Bordacheva, M. (2015)]

- **Plan PIVE**, instaurado en 2012 y con un presupuesto de 75 millones de euros, fraccionados en ayudas de 2000€ en la compra (precio máximo de 25000€ sin IVA) a cambio de entregar un coche de antigüedad

superior a 10 o 12 años según las condiciones. Este mismo plan se amplió en 2013 (PIVE2) con 150 millones de € en presupuesto, con el plus de que ahora las familias numerosas pueden obtener hasta una ayuda de 3000€. El plan fue ampliándose hasta el año 2015 con sus respectivas modificaciones, que encontramos detalladas a fondo en el estudio de la autora [Bordacheva, M. (2015)].

A partir de esta época, se empieza a dar importancia del alto impacto del sector del automóvil sobre el medio ambiente y a la búsqueda del uso de energías limpias. En base a ello tenemos los siguientes planes:

- **Plan MOVELE 2014**, que cuenta con un presupuesto de 10 millones de euros encaminados a fomentar la adquisición de vehículos eléctricos, con ayudas de hasta 6.500€ [BOE N°141, (2014)].
- **Plan PIMA Aire** (plan de Impulso al Medio Ambiente 2013-2014). Tiene un enfoque directo al pequeño empresario, de forma que supone una extensión del plan PIVE a vehículos de hasta 3 toneladas, siempre que sean nacionales y que se destinen al transporte comercial urbano. También contaba con un presupuesto de extra de 4.6 millones de euros, encaminados a fomentar la renovación de flotas y evitar exceder la vida útil de los vehículos [Gobierno de España, (2014)].
- **Plan Integral de Política Industrial 2020**, el cual destina alrededor de 4000 millones de euros sobre el sector del automóvil durante los años 2011 al 2015, con vistas a modernizar tanto la técnica como la tecnología dentro del sector [La Moncloa, (2020)].

En los gráficos de las **ilustraciones 19 y 20** podemos observar cómo dichos planes, en mayor o menor medida, obtuvieron resultados positivos.

## Matriculaciones de vehículos por tipo (Miles de unidades)

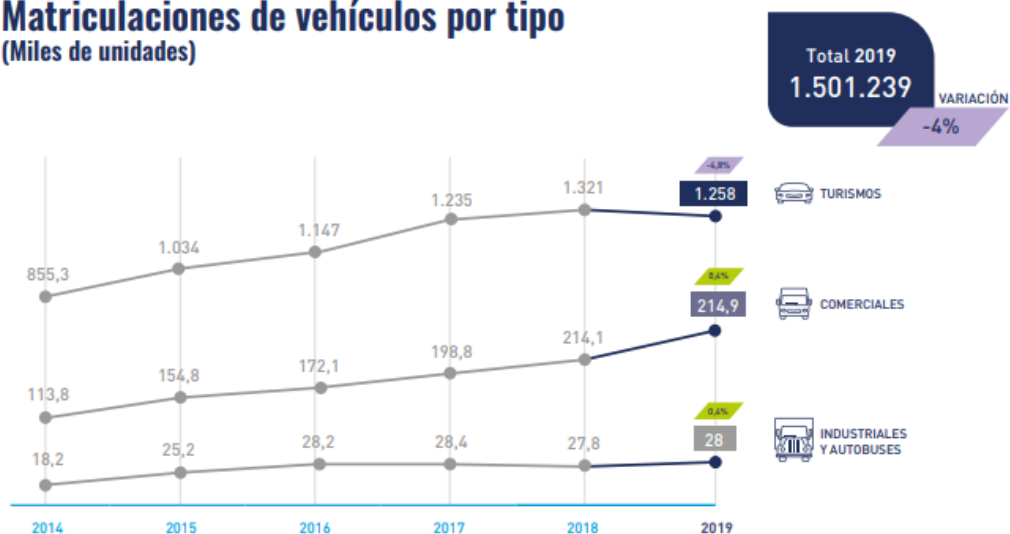


Ilustración 19. Evolución del número de matriculaciones en función del tipo de vehículo. Recuperado de [ANFAC (2019)]

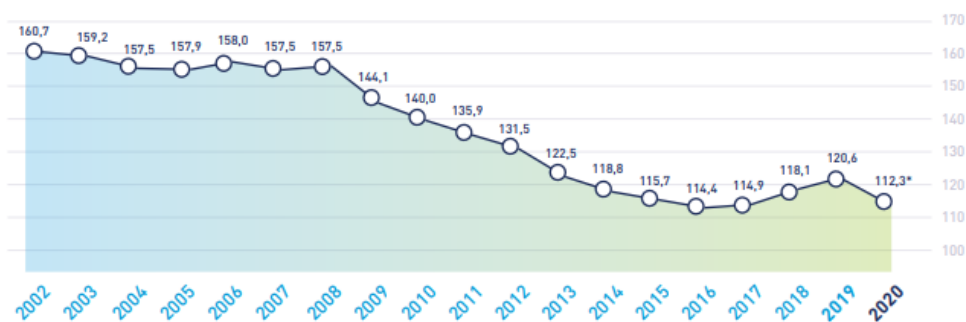


Ilustración 20. Emisiones de CO2 medias en matriculaciones de vehículos nuevos. Recuperado de [ANFAC (2019)]

## 2.6.-Progreso tecnológico y desarrollo sostenible (2014-2020)

La evidencia en relación a los contaminantes y el cambio climático incrementa la conciencia social frente a esta problemática. El paulatino progreso de la industria desde la revolución industrial (segunda mitad del siglo XVIII), y más concretamente el impulso que recibe en las últimas décadas, sitúa al sector en el punto de mira como uno de los grandes contaminantes actuales, que produce gran cantidad de emisiones de CO2 contaminantes.

En los últimos años se ha acentuado la preocupación por esta problemática, dando lugar a un periodo de reflexión y toma de decisiones, durante el cual cabe mencionar el Acuerdo de París firmado en 2015, para combatir el cambio climático y reducir las emisiones de CO2.

A pesar de ello la industria prevalece, y durante esta etapa también encontramos grandes progresos tecnológicos, tanto en el diseño de los coches como en los procesos de producción.

Durante este progreso tecnológico no se obvia la creciente importancia de reducir el impacto ambiental, se consigue procurar cambios en el sector hacia prototipos de coches híbridos o eléctricos, así como innovar en técnicas de producción más limpias. No obstante, este cambio de paradigma requiere de grandes inversiones y el comprador final, pese a tomar cada vez más conciencia, se ve limitado por las tendencias y su poder adquisitivo, de modo que realmente muy pocas personas puedan (o quieran) permitirse el sobrecoste de un vehículo ecológico. Es por eso que se implementan una serie de políticas que favorezcan este progreso como veremos a continuación.

Según la encuesta realizada por el observatorio Catelem (dedicado a la realización de estudios e informes en diversos campos), la cual se realizó en 14 países, estudió y concretó las especificidades que tiene en cuenta el comprador final a la hora de elegir su nuevo vehículo. En orden de preferencia son: precio, bajos consumos y seguridad, [Bordacheva, M. (2015)].

La crisis económica que detonó en 2007 ha dejado una gran secuela en el presupuesto económico del comprador y eso hace el precio su prioridad. De modo que, por la ley de la oferta y la demanda, los productores se vieron obligados a buscar la forma de potenciar las ventas en función de la demanda. Es por ello que se empezó a apostar por la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i).

Los coches eléctricos parecían ser la solución al problema, pero su coste en investigación y producción era inasumible por gran parte de los productores y compradores. Aun así, ciertos empresarios apostaron por ello, asumiendo pérdidas iniciales.

El fabricante Tesla no solo asumió el reto del coche eléctrico, sino que lo enfocó a diseños deportivos, convirtiéndose a día de hoy en el referente de coche eléctrico, con diversidad de modelos. Una vez superadas las dificultades técnicas y habiendo ganado terreno a sus competidores, se encuentra en un proceso de investigar como abaratar costes para llegar a un público más amplio.

Para todos aquellos que no percibieron la rentabilidad del coche eléctrico, la electrónica ha sido su mejor herramienta para conseguir paliar las exigencias del comprador. Sistemas que a día de hoy nos parecen cotidianos en un coche como puede ser el ABS, velocidad de crucero, asientos calefactables, sistema

Start/Stop, sistemas de airbag para conductor y pasajeros, etc. supusieron una revolución tecnológica que ha marcado un antes y un después en el sector.

De forma paralela, el desarrollo electrónico ha de ir coordinado con técnicas de producción, pues como bien sabemos, la electrónica de hoy queda obsoleta rápidamente por la electrónica de mañana. Por ello, los métodos de fabricación han evolucionado de manera considerable pasando a ser indispensables materias como la robótica y la visión artificial, con el objetivo de acortar al máximo los tiempos desde que se obtiene el diseño hasta que se materializa y se vende.

Por otra parte, la gran acogida e implantación de internet en la sociedad actual ha jugado un papel clave en el sector. Tenemos a disposición múltiples herramientas de comparativas y toda la información que estemos dispuestos a buscar e investigar acerca del sector del automóvil, lo que implica que el comprador cada vez está más informado de la tecnología y del coste de la competencia. Por ello, los fabricantes se han visto obligados a innovar en sus técnicas para atraer a sus clientes, ofreciendo prestaciones que sus competidores no ofrecen. Por esto, cada vez es más común ver tecnología y comodidades propias de coches de alta gama en coches de gama media.



**Ilustración 21. Edad media del parque de vehículos español. Recuperado de [ANFAC (2019)]**

Como podemos observar en el gráfico de la **ilustración 21**, la edad media del parque de turismos español no ha dejado de crecer. Esto nos puede dar una idea de las graves repercusiones que dejó la crisis.

La creciente necesidad de frenar el deterioro ambiental, al que estamos sometiendo al planeta, ya es una realidad innegable. Por ello, se ha optado por la solución de implantar medidas basadas en impuestos y restricciones a todos aquellos vehículos que no contribuyan al progreso sostenible. Una de las propuestas más conocidas son las etiquetas medioambientales, que catalogan

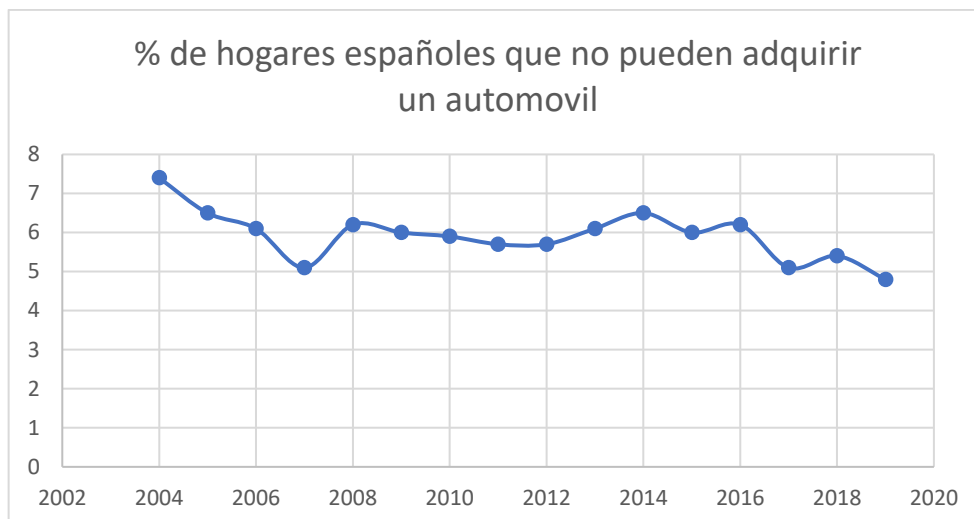
al vehículo en función de su eficiencia energética y restringen su zona de acceso al centro de ciudades, ejemplo que ya se ha comenzado a aplicar en Madrid.



**Ilustración 22. Identificadores medioambientales. Recuperado de [Correos (2021)]**

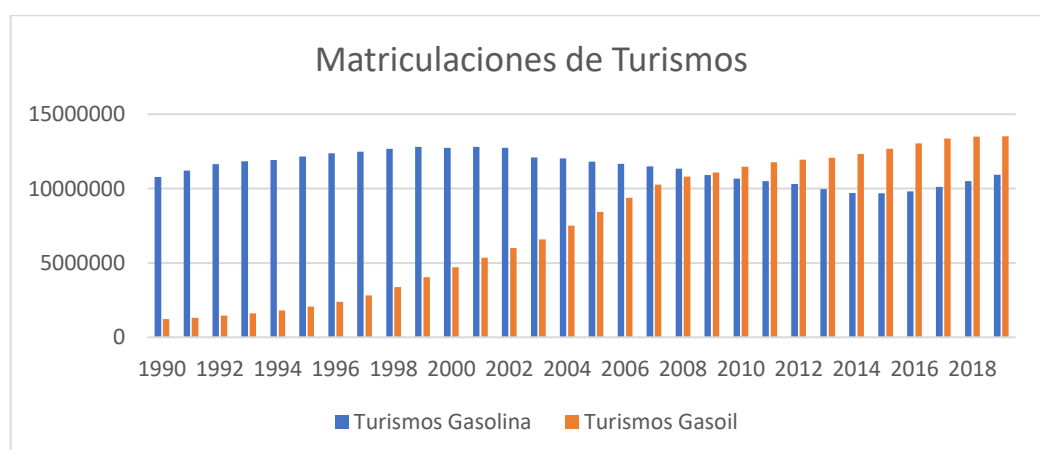
No obstante, las nuevas medidas ambientales han de estudiarse minuciosamente. Una gran parte de los compradores actuales no alargan la vida de su antiguo vehículo por capricho, sino por necesidad, al no poder permitirse el gasto que supone la adquisición de uno nuevo. Si observamos el gráfico de la **ilustración 23**, el porcentaje de familias que no pueden adquirir un vehículo no es despreciable y cabe pensar que, si llegan a poder adquirirlo en un futuro, su presupuesto será reducido, recurriendo al mercado de segunda mano. En este último caso, se adquiere un vehículo que seguramente no cumpla los mínimos niveles de contaminación exigidos como para que pueda circular libre por todo el país.



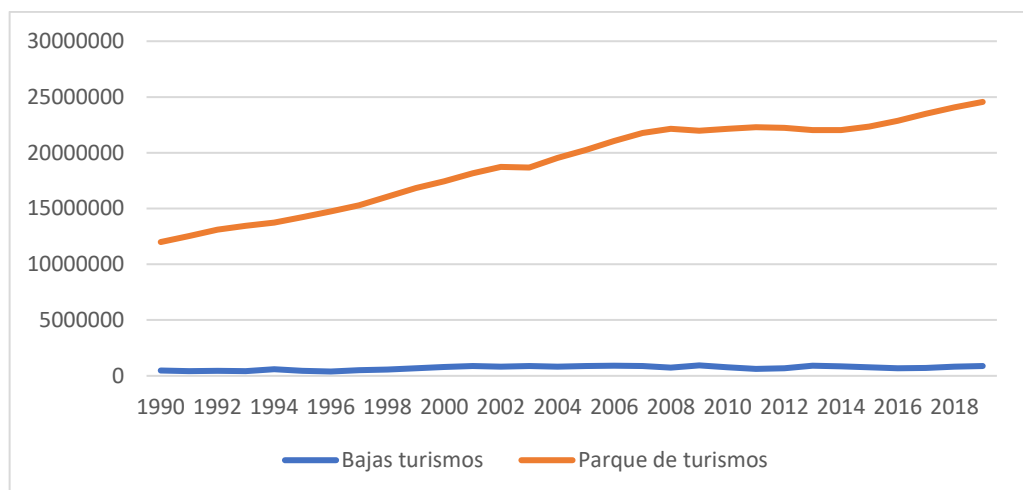


**Ilustración 23. Porcentaje de hogares españoles que no pueden adquirir un automóvil. [Elaboración propia]**

Las gráficas de las **ilustraciones 24 y 25** confirman que el automóvil se ha vuelto un producto indispensable en nuestras vidas, pues como podemos observar, pese a que el poder adquisitivo no promueve el aumento de las matriculaciones, el parque cada vez es más grande y las bajas de automóviles antiguos son muy reducidas. Esto es preocupante, ya no solo para el medio ambiente sino en aspectos sociales, pues estamos viendo como la historia se repite y el coche nuevo pasa a ser un privilegio, debido a que el coste de la vida aumenta a un nivel no proporcional a la capacidad de adquisición del ciudadano medio y, en consecuencia, el mercado de segunda mano se revaloriza, obligando a muchas familias a recurrir a la solicitud de préstamos, con el consecuente riesgo que han de asumir.



**Ilustración 24. Evolución de las matriculaciones de Turismos. [Elaboración propia]**



**Ilustración 25. Evolución del parque de turismos frente a las bajas.**  
**[Elaboración propia]**

## 2.7.-Repercusión de la pandemia del SARS-COV-2 sobre el sector automovilístico

A día de hoy, aún es difícil conocer exactamente la repercusión de la pandemia actual sobre el sector, pero sí que podemos afirmar que ha sido un duro golpe, que al igual que en otros sectores, será difícil de superar.

Centrándonos en el caso de España, dónde gran parte de la economía se basa en pequeños negocios y en el turismo, se podría pronosticar que las consecuencias pueden ser mucho más severas que en otros países. En 2019 pese a darse indicios de progreso junto con la digitalización y modernización, el presupuesto económico de la media de ciudadanos aún se encontraba en un tardío proceso de recuperación, por lo que la pandemia va a suponer una ralentización importante o incluso un retroceso.

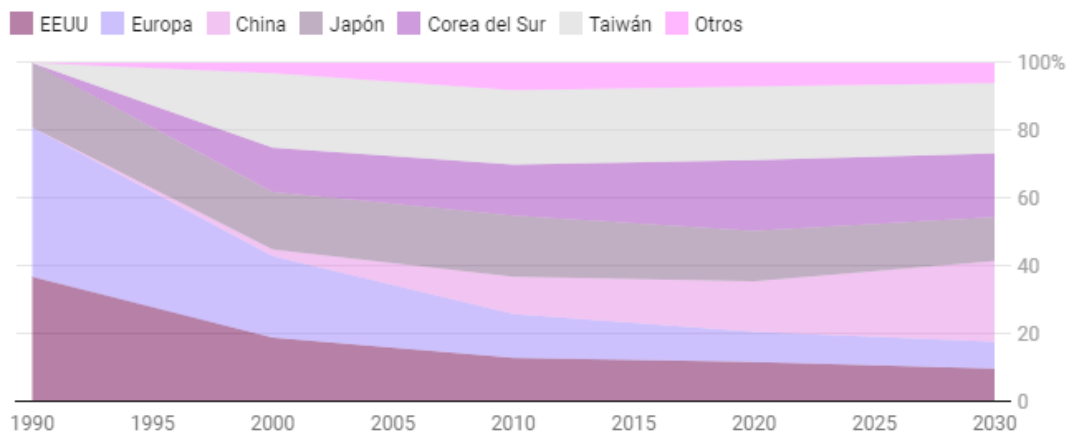
Según datos de [ANFAC], el sector del automóvil en 2020 ha presentado una participación del 8.5% en el PIB, contando con una producción de 2.268.185 vehículos y 851.211 matriculaciones. Estos datos, a simple vista pueden incluso juzgarse como normales, obviando así la negativa repercusión la crisis sanitaria. Pero si los comparamos respecto al año anterior, en el informe [ANFAC (2019)] se constata que el PIB también era del 8.5% pero la producción fue de 2.822.632 vehículos y 1.501.239 matriculaciones. Por otro lado, en el artículo de [Aguilera, A. (2020)] encontramos que, a noviembre de 2020, 19.800 personas habían perdido su puesto de trabajo en el sector.

## La crisis de los semiconductores

Como ya habíamos adelantado, en los últimos años la electrónica había revolucionado ya no solo el sector del automóvil sino toda la tecnología en general. Tal ha sido el progreso, que nos hemos vuelto dependientes de la electrónica, y en especial de los microchips.

Tan indispensable es la tecnología hoy en día, que ante la llegada del Covid-19 y el confinamiento la demanda de ordenadores y otros aparatos electrónicos, ya sean para ocio durante los meses de confinamiento o para teletrabajo, ha hecho que se produzca un gran incremento en la demanda, la cual sumada a la grave situación de crisis sanitaria, con la limitación de movimientos y transporte que conlleva, ha derivado ya en una crisis. En el gráfico de la **ilustración 26** observamos cómo el mercado de fabricación de chips se encuentra muy centralizado y liderado sólo por unos pocos fabricantes.

Esta crisis ha llegado a tal punto, que en febrero del 2021 Renault se vio obligado a frenar la fabricación de alrededor de 9000 unidades en sus plantas de Valladolid y Palencia, por falta de microchips [Gorbillón, A. (2021)].



**Ilustración 26. Capacidad de producción de chips a nivel global. Recuperado de [Mcloughlin, M. (2021)]**

El sector del automóvil, a pesar de los inconvenientes, se ha asentado sobre pilares sólidos, sin embargo, es difícil ser inmune a una crisis de tales dimensiones y dado que aún no hemos superado esta la situación sanitaria, es altamente probable que en estudios posteriores estas cifras empeoren aún más.

## 2.8.-Conclusiones del capítulo

A lo largo del capítulo hemos podido observar la rápida evolución a nivel mundial que ha tenido el sector del automóvil y cómo no solo ha logrado el progreso, sino que se ha situado como uno de los pilares fundamentales de la economía.

Por otro lado, la evolución de la tecnología aún en pleno auge y acentuada en los últimos años, ha posibilitado contar con una sólida base que ofrece mejores funcionalidades en diversos ámbitos, pero que, sin embargo, es altamente cambiante y versátil. Conlleva una constante investigación, innovación y competitividad. Deduciendo que, aun persiguiendo su control y manejo absoluto, las expectativas de la sociedad actual lo hacen prácticamente imposible, debido a los numerosos inventos y descubrimientos nuevos que se producen en el día a día.

Otro de los aspectos destacar, es el cómo las preferencias e inquietudes, a nivel social en la ciudadanía, han ido cambiando y obligando al sector a adaptarse. En un principio, el ciudadano quedó fascinado con los distintos modelos que salían a lo largo de la historia, pero la imparable evolución hace que a partir del 2010 cambie el paradigma y se hace a la sociedad consciente del impacto negativo del automóvil sobre el medio ambiente. De forma que empieza a surgir un interés por las alternativas, los coches que apoyen el desarrollo sostenible. Actualmente el cambio ha comenzado y aunque aún queda mucho camino por recorrer, ya ha condicionado las líneas de investigación en el sector, potenciando la investigación (I+D+i) en busca de modelos más ecológicos.

En consonancia, no cabe duda que los estados juegan un papel decisivo en la expansión industrial. Un claro ejemplo lo hemos observado con la crisis del año 2007, la industria del automóvil estaba inmersa en un proceso de expansión positivo y en auge, la llegada de la crisis hizo insostenible mantener aquella infraestructura. Y fue gracias a la adopción de medidas políticas y económicas que se consiguió reducir el impacto de la crisis en el sector. De igual forma cabe destacar su intervención en la transición al desarrollo sostenible y reducción de las emisiones de CO2 contaminantes.

## 3.- Hitos más relevantes de la ingeniería para el sector del automóvil

### 3.1.- Introducción al capítulo

A lo largo del capítulo 2 se presentó cómo la invención del automóvil no tuvo su origen en una fecha concreta, sino que surgía tras sucesivas investigaciones y progresos. De igual forma, toda la tecnología que ha acompañado al automóvil a lo largo de su historia ha tenido un proceso de desarrollo hasta lograr su integración en el automóvil como parte funcional del mismo.

El automóvil es una obra de ingeniería compleja, abarca muchas de sus ramas que le han ofrecido aportaciones muy importantes como veremos a continuación. En este capítulo mencionaremos algunos de los hitos más relevantes de la ingeniería que han tenido repercusión, ya sea directa o indirecta, en el automóvil.

### 3.2.- La electricidad

La electricidad es una forma de energía que se encuentra presente en la naturaleza. El estudio de la misma durante toda su historia ha dado lugar a grandes avances, los investigadores han conseguido generarla, controlarla e incluso almacenarla para poder ser usada posteriormente en diferentes situaciones para un fin determinado.

Tal es la importancia que ha alcanzado la electricidad, que a día de hoy nuestra vida depende en un alto porcentaje de la misma. Por ende, en el sector del automóvil también ocurre, el ejemplo más básico es su batería, sin la cual no podemos arrancar el coche, y se extiende a toda la tecnología electrónica con la que cuentan los coches.

En la infografía de la siguiente ilustración podemos ver una cronología de cómo la humanidad ha realizado grandes avances con el estudio de la electricidad, dando lugar a numerosos inventos que actualmente forman parte de nuestro día a día.



**Ilustración 27. Evolución sobre el control de la Electricidad. Recuperado de [Área Tecnología, (2021)]**

### 3.3.- El tornillo

Al igual que ocurre con la electricidad, los tornillos son un elemento tan presente en nuestro día a día que ya no percibimos la importancia que tienen. Prácticamente todo lo que nos rodea en mayor o menor medida lleva tornillos. Para el sector del automóvil el tornillo es un pequeño componente que ha facilitado en gran medida los montajes a lo largo de la historia, la sujeción y, por tanto, funcionalidad de elementos tan importantes como el motor o las ruedas dependen de ellos.

En el estudio de su historia encontramos que existe cierto debate sobre el origen del tornillo, algunos historiadores auguran que ya los egipcios usaban un elemento semejante al tornillo. No obstante, se encuentran más coincidencias sobre su origen en autores como Arquitas de Tarento (430-360 A.C) en Grecia, a quien también se le asigna la invención de la polea, y Arquímedes, que fue quien perfeccionó su diseño e inventó un “tornillo sin fin” para elevar agua en superficies a distinto nivel [Casanova F., (2009)].



**Ilustración 28. Tornillo sin fin de Arquímedes. Recuperado de [Casanova F., (2009)]**

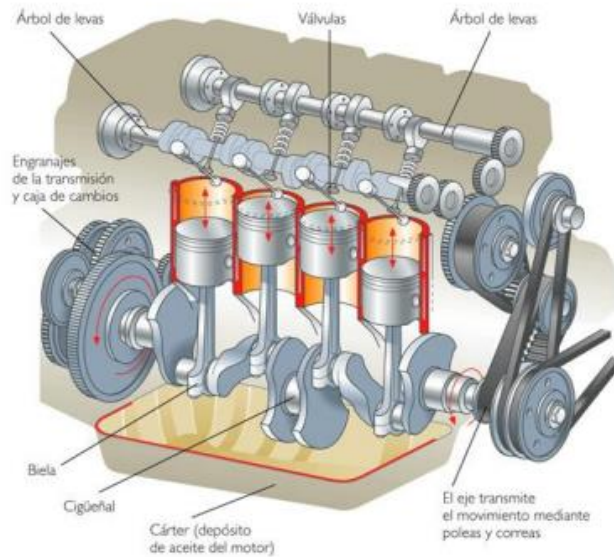
### 3.4.- La rueda y el neumático

La rueda tiene una larga historia, los primeros indicios de su aparición se remontan hasta el 3500 a.c. en Mesopotamia (actualmente Irak). Con el paso del tiempo, se fue perfeccionando su diseño y su aplicación se extendió a múltiples ámbitos debido a su gran funcionalidad.

En 1802, Jorch Frededich inventa la primera rueda de radio tensado [Gozalo M., (2021)]. Años más tarde, en 1839, aparece el primer neumático, como consecuencia del descubrimiento de la vulcanización por Charles Goodwear. Posteriormente, en el año 1845, Robert Thomson diseña un modelo que se considera como el primer neumático con un tubo de aire en su interior. Posteriormente, en la década de 1880, John Boyd Dunlop inventa el neumático por bomba de aire [Gozalo M., (2021)].

### 3.5.- El Cigüeñal

El cigüeñal se compone de un árbol de transmisión, que junto con las bielas es capaz de transformar el movimiento lineal y alternativo de los pistones en un movimiento circular, y a la inversa. La función que desarrolla en el sector del automóvil es muy importante, ya que es el encargado de transmitir la potencia generada por el motor al sistema de transmisión, para que sea transmitido a las ruedas. Sus orígenes datan en el siglo 3 d.c. por parte de los Romanos [Guzman Jasir, (2014)].



**Ilustración 29. Infografía sobre la funcionalidad del cigüeñal en un motor con cilindros en línea. Recuperado de [Ortiz D., (2016)]**

### 3.6.- 1800 Alessandro Volta inventa la primera batería

Alessandro Volta culmina la creación de la primera batería. Sin embargo, son muchos los autores que aportaron sus investigaciones con grandes logros, los cuales posibilitaron finalmente la creación del invento. Benjamin Franklin además de sus grandes aportaciones, fue de los primeros en empezar a usar el término batería en el año 1750, mientras que Ewald Georg von Kleist inventó en 1745 el primer condensador de electricidad [Frauca O., 2021].

Al invento de A. Volta se le conoce como “Pila de Volta” y está formada por discos dispuestos en columna (como vemos en la siguiente ilustración) formados con materiales como cobre, zinc o plata, y apilados en parejas separadas por cartones impregnados en salmuera. De forma que el conjunto de discos en dicha situación aumentase su tensión. Este invento ha servido como precedente para las baterías que se utilizan en la actualidad en el mundo de la automoción [Frauca O., 2021].





Ilustración 30. Pila de Volta. Recuperado de [Frauca O., (2021)].

### 3.7.- 1887 Heinrich Rudolf Hertz descubre las ondas de radio

Heinrich Rudolf Hertz, profesor de Física de la Universidad de Karlsruhe, Alemania, inició sus investigaciones en base a los avances obtenidos por el científico James Clerk Maxwell acerca de la estructura y relación de los campos eléctricos y magnéticos a través de las “Ecuaciones de Maxwell”.

Hertz creó un circuito de ensayos compuesto por una bobina de inducción, dos placas de cobre y dos esperas metálicas de latón, como se ve en el siguiente esquema [González A., 2009].

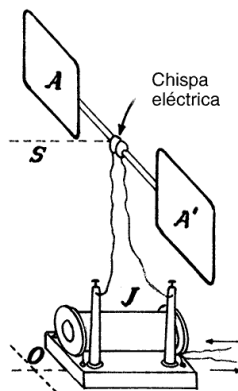


Ilustración 31. Esquema del circuito de ensayo que uso Hertz. Recuperado de [González A., (2009)]

Con sus experimentos, Hertz no solo descubrió las ondas de radio en el año 1888, sino que confirmó la teoría de Maxwell, la cual carecía de credibilidad hasta ese momento. Tal es la importancia de los descubrimientos de Hertz, que la unidad de frecuencia lleva su nombre (Hz), siendo el equivalente a una onda por segundo.

### 3.8.- Limpiaparabrisas.

Aparecieron los primeros limpiaparabrisas mecánicos, en los Estados Unidos de Norteamérica. Fueron inventados por Mary Anderson quien unió a un brazo metálico una laminilla de goma caracterizada por ser resistente e ideó la forma de que una palanca ubicada al interior del vehículo pudiera accionar el sistema para que la laminilla se moviera por el vidrio y retornara nuevamente a su posición inicial. Fue en 1903 cuando consiguió la patente No. 743,801 [Mujeres Inventoras, (2021)].

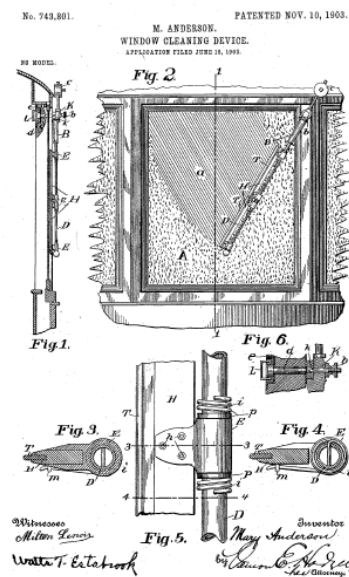


Ilustración 32. Prototipo de la patente de Mary Anderson. Recuperado de [Ferrer S., (2016)]

### 3.9.- Sistema de frenos hidráulicos

Fue el inventor Malcolm Lougheed alrededor de 1918 quien diseñó un sistema de frenada por frenos hidráulicos, por el cual obtuvo 7 patentes. Su sistema funcionaba gracias a un fluido que era accionado por el conductor al presionar el pedal del freno, el fluido era conducido por una canalización de tubos, llegando finalmente a las zapatas del freno de tambor las cuales eran presionadas por el fluido y se activaba el freno, siguiendo el principio de Pascal, [Bauzá F. J., (2018)].

Cabe mencionar a su vez a Allan Haines Lockheed, inventor del sistema de frenos hidráulicos en el año 1922 desarrollado junto con sus hermanos.

### 3.10.- Invención de la Radio

La radio ha pasado a ser uno de los elementos indispensables en el interior de los vehículos, a pesar de no aportar mejoras técnicas ni de rendimiento, forma parte de los elementos extra de confort.

La primera patente de radio tiene lugar en Reino Unido en el año 1897, siendo ésta asignada a Giuseppe Marconi, de procedencia italiana. Su invención se produce gracias a sucesivos descubrimientos como la teoría de las ondas electromagnéticas del físico escocés Maxwell en 1873, las ondas de radio del alemán Heinrich Hertz (1888) o las transmisiones inalámbricas del ingeniero serbio Nikola Tesla en 1893, sin las cuales no hubiera sido posible.

Pese a que la primera patente se atribuye a Marconi, algunos autores vinculan la invención de la radio a Nikola Tesla. Por otro lado, el español Julio Cervera inventó en el año 1902 la transmisión de voz sin hilos, la cual se produjo entre Alicante e Ibiza [García M. T., (2021)].

### 3.11.- Invención del transistor

Fue en el año 1947 cuando los inventores Valter Brattain, William Shockley y John Bardeen concluyeron una serie de experimentos con la creación de lo que fue el primer transistor de la historia, siendo uno de sus componentes más importantes el elemento semiconductor Germanio. Tal es la repercusión que envuelve la invención del transistor en el sector de la electrónica y los semiconductores que produce un cambio en el rumbo de todas las líneas de investigación y, gracias a ello, sus inventores reciben el premio nobel en el año 1956 [Mercado A. et al, (2016)].

El transistor ha sido el elemento clave para la evolución de las unidades de control electrónico (ECU) del automóvil y su notoria repercusión fomentó la evolución electrónica en este sector.

### 3.12.- Diseño del primer circuito integrado

La creación de los primeros transistores tuvo una repercusión directa en el ámbito de la electrónica, tan positiva fue la acogida que pronto aparecieron los primeros problemas en cuando a la sobrecarga de componentes en los circuitos. Los que, al ser construidos de forma manual, se aplicaban numerosas

soldaduras y acrecentaba la dificultad para detectar errores de conexión ante un fallo.

Para solventar estas complicaciones, en 1959 el ingeniero electrónico Jack Kilby diseñó el primer circuito integrado de la historia, formado por 6 transistores integrados en una placa formada por un componente conductor [ETSIT-UPM, (2022)].

### 3.13.- Invención del cinturón de seguridad

Ya desde 1956 algunos modelos Ford tenían la opción de incluir cinturones de seguridad, no obstante, no es hasta tres años después, en 1959, cuando el ingeniero Nils Bohlin, integrante del grupo Volvo, diseñó el cinturón de tres puntos. Siendo incluido de forma masiva en los automóviles gracias a la liberación de la patente por parte de la marca Volvo [Martín J., (2010)]

El cinturón es uno de los elementos de seguridad englobados en el grupo de seguridad pasiva que más repercusión ha tenido a lo largo de la historia y que, aún a día de hoy, sigue siendo el protagonista de las campañas de prevención de accidentes.

### 3.14.- PLC - Controlador de Lógica Programable

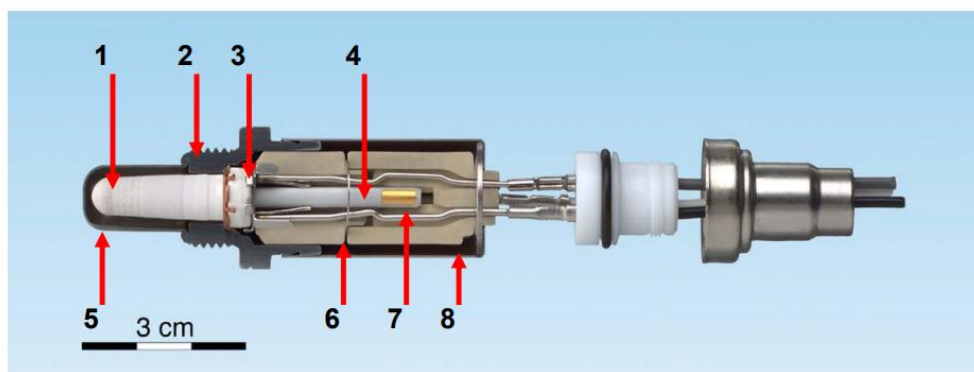
En la década de 1960 aparecen los primeros controladores de lógica programable (PLC), los cuales suponen una modernización a nivel industrial muy importante y, en especial, para la industria del automóvil. Las grandes potencias como eran FORD y General Motors contaban con un grado de automatismos tan elevado, que ya era insostenible realizar su control a base de relés, es por ello que los PLC se ofrecen como la solución a dichos problemas, facilitando la instalación de automatismos, así como su control y mantenimiento.

A día de hoy los PLC, en sus versiones más modernas, siguen liderando el sector de la automatización, grandes potencias mundiales como es el caso de Amazon, continúan utilizando PLC para el control automático en sus centros logísticos.

### 3.15.- Sensores de oxígeno Lambda

En el año 1976 la compañía Bosch diseñó los primeros sensores Lambda con los que consigue reducir a la mitad el porcentaje de las emisiones contaminantes de sus modelos.

La funcionalidad de estos sensores es medir el porcentaje de oxígeno en los gases emitidos por el sistema de escape del automóvil, para poder conocer si la mezcla de combustible y oxígeno previa a la entrada al motor, se está realizando con los valores óptimos para reducir al mínimo las emisiones contaminantes.



- |                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1-Cerámica ZrO <sub>2</sub> | 5-Tubo protector con ranuras |
| 2-Rosca                     | 6-Soporte cerámico           |
| 3-Contactos electrodos      | 7-Contactos calefactor       |
| 4-Elemento calefactor       | 8-Carcasa metálica           |

Ilustración 33. Sonda Lambda. Recuperado de [Bosch, (2016)]

### 3.16.-Hitos ya presentados en otros capítulos del TFG

Las invenciones y descubrimientos tecnológicos que han tenido repercusión de manera directa o indirecta en el sector del automóvil son numerosos y tan importantes que merecen una revisión histórica específica de ello. Es por ello que, en este capítulo se ha hecho una breve referencia a aquellos más trascendentes para ejemplificar que el automóvil es una obra de ingeniería en la que se han visto involucrados diversos autores respecto a todos los aspectos de la ingeniería y no solo de la electrónica.

A continuación, se expone una lista de algunos hitos que han sido expuestos a lo largo de la memoria en otros capítulos.

AÑO	HITO
1860	Lenoir construye un motor de gasolina de combustión interna, así como inventa la primera bujía
1876	Otto inventa el motor de 4 tiempos
1929	Frenos a las cuatro ruedas
1952	John Hetrick patenta el airbag
1956	Dirección asistida
1965	Se inicia el proceso de trabajo sobre el control electrónico del sistema de frenado antibloqueo (ABS)
1968	Inyección electrónica
1995	Sistemas de navegación
1995	Anton van Zanten desarrolló el sistema ESP el cual fue implantado en el Mercedes-Benz S600

**Tabla 5. Hitos analizados en otros capítulos del TFG. [Elaboración propia]**

## 4.- Evolución de la mecánica a la electrónica

### 4.1.- Introducción al capítulo

Actualmente es complicado comprender al automóvil únicamente centrándonos en la mecánica, puesto que es un sistema complejo con parte mecánica y electrónica. Esto se debe a que ambos ámbitos (mecánica y electrónica) han tenido un importante progreso que ha beneficiado en gran medida al sector automoción y, además, se han visto reforzados simultáneamente. En la ingeniería siempre se busca la mejora continua, ofrecer más funcionalidades y prestaciones. Por ello, los semiconductores y la electrónica han ofrecido el elemento clave al sector del automóvil para continuar progresando rápidamente, llegando a ser la parte electrónica participe del 90% de la innovación del sector [Lara A., (2012)].

En el artículo de [Gómez, Noroña, M., M., (2019)] podemos observar la gran vinculación que tiene el sector del automóvil con el sector electrónico, llegando a ser partícipe del 9.5% en la venta de semiconductores y 14% en la producción de circuitos integrados. De tal forma que el costo de fabricación de un automóvil puede llegar a tener una representación del 40% en electrónica, porcentaje que cada año se incrementa.

Diferenciando la integración de la electrónica en el automóvil en función de su finalidad, se tiene:

- Aportaciones a la parte mecánica.
- Aportaciones a la seguridad.
- Aportaciones al confort.
- Aportaciones a la comunicación.

Cabe destacar que la electrónica no solo asume el papel evolutivo en cuanto a tecnología, sino que también ha sido uno de los elementos clave para paliar los altos índices de contaminación, permitiendo reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En la actualidad, desde el punto de vista tecnológico de electrónica industrial y automática, un coche puede superar las 40 Unidades de control en su interior, con más de 10 millones de líneas de código y superar los 8000 metros de cables [Lara A., (2012)].

El enfoque de este TFG es el estudio y análisis de la integración del sector electrónico en el sector de la automoción. Para ello, antes de afrontar la implementación de sistemas electrónicos, es importante previamente tratar

sobre la evolución de la mecánica del automóvil. Por ello, en el apartado 4.2, se presenta la evolución de la ingeniería del automóvil previa a los inicios de la inclusión de la electrónica.

## 4.2.- Ingeniería del automóvil previa a 1960

Como ya se presentó en el capítulo 2, la aparición del primer automóvil no tiene un único responsable ni un año exacto, sino que surge tras una sucesión de varias etapas de investigaciones, progresos, inventos y mejoras de distintos autores, años y zonas geográficas.

Al igual que analizaremos posteriormente con los sistemas electrónicos, en este apartado tratamos cómo la evolución de la ingeniería del automóvil previa a 1960 se desarrolla de manera progresiva, buscando perfeccionar las partes funcionales ya inventadas y siempre buscando nuevas mejoras y prestaciones. Algunos de los avances obtenidos en estos años tuvieron como fundamento la búsqueda de soluciones a problemas como pueden ser:

- Motor de combustión interna
- Sistema de transmisión
- Sistema de frenado
- Sistema de dirección

### 4.2.1.- Evolución de los motores de combustión interna

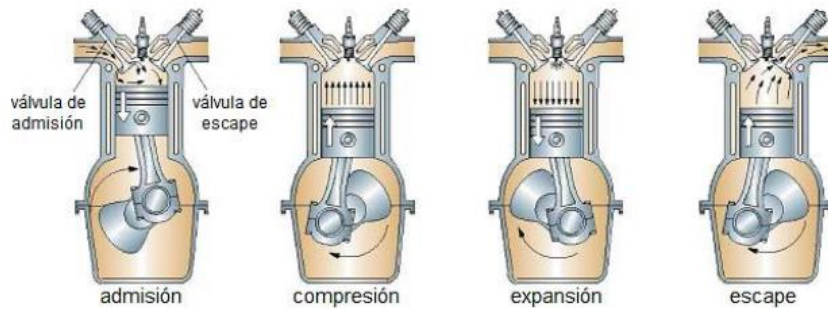
El motor de combustión interna se basa en el principio físico de que en su interior se produce la quema del carburante con el objetivo de obtener un rendimiento mecánico.

Se hace referencia al primer motor de combustión interna en el año 1859, siendo este un sistema de un solo pistón y un solo tiempo, donde la combustión se producía en ambos lados del pistón, su inventor fue Joseph Etienne Lenoir. Su carburante era una mezcla de gas de carbón mezclado por aire. Lenoir también inventa un sistema que se puede considerar como la primera bujía para el encendido por chispa [Andara R., (2019)].

Posteriormente, en 1876 Nikolaus August Otto diseña y construye un motor de combustión interna de cuatro tiempos, que son admisión, compresión, explosión y escape. Este motor podía trabajar con combustible líquido y



contaba con un carburador, similar al patentado por Siegfried Marcus, para hacer la mezcla de combustible previamente antes de la entrada al motor y mejorar su rendimiento. Este motor se considera como un prototipo de partida para los que se han ido construyendo a lo largo de la historia del automóvil, como ya vimos en el capítulo 2, con el análisis de la compañía FORD. En honor a su inventor se denominó “motor de cuatro tiempos ciclo Otto”.

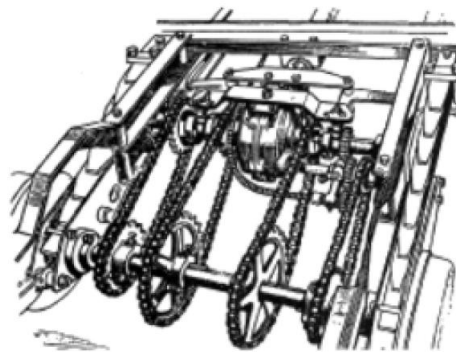


**Ilustración 34. Representación del ciclo de 4 tiempos Otto. Recuperado de [Barona G., Efraín L., (2019)]**

#### 4.2.2.- Evolución de los sistemas de Transmisión

Los sistemas de transmisión hacen referencia al sistema por medio del cual se consigue traspasar la potencia generada en el movimiento del motor a las ruedas del vehículo. A día de hoy, los sistemas de transmisión funcionan por la integración de diversos sistemas como pueden ser la caja de transmisión, árbol de transmisión, etc. pero los primeros no fueron tan sofisticados.

Como podemos observar en la siguiente ilustración, los primeros sistemas de transmisión funcionaban por cadenas con un mecanismo semejante al que podemos encontrar en una bicicleta.

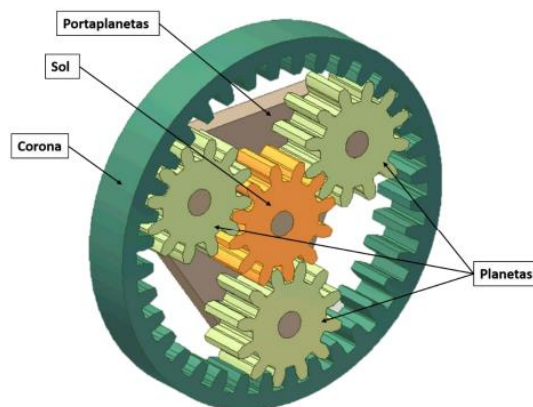


**Ilustración 35. Primeros sistemas de transmisión por cadenas. Recuperado de [Agüero H., (2012)]**

Posteriormente, la invención del diferencial, por parte del ingeniero Onesiphore Pecqueur en 1825, esto supuso una gran mejora en el sistema de transmisión, consiguiendo, gracias a su sistema de engranajes, mejorar la transmisión a las ruedas. De esta forma, las ruedas no siempre giraban a la misma velocidad y facilitaba la conducción en situaciones como las que se dan al tomar una curva, por ejemplo [UGEARS STEM LAB, (2021)].

Tras varias mejoras aportadas al vehículo, llegamos al sistema de transmisión conocido por el nombre de sistema de transmisión de tipo planetario. Este sistema de transmisión, no solo se encarga de mover las ruedas, también facilita la variación de marchas de velocidad y posibilita la marcha atrás, entre otras funciones.

Años más tarde, aparece en Francia, sin autor reconocido, alrededor del año 1900, una transmisión por engranajes deslizantes que permitía disponer de hasta cuatro velocidades.



**Ilustración 36. Elementos del sistema de transmisión planetario. Recuperado de [Lacasa R., (2019)]**

#### 4.2.3.- Evolución del sistema de frenado

A pesar de la importancia con la que cuenta el sistema de frenado del vehículo, en aquella época la velocidad que podía adquirir un vehículo era relativamente baja, consecuentemente no se dio demasiada importancia a dicho sistema. Con una placa metálica, accionada por el pie o la mano, que actuase directamente sobre alguna rueda, era capaz de aminorar lo suficiente la velocidad como para frenarlo.

Con el tiempo, según iban mejorando los diseños y ganando en velocidad, el sistema de frenado fue ganando importancia y comenzaron los primeros sistemas de frenado en ruedas traseras. Pero no fue hasta 1920 cuando se instalaron los primeros sistemas de frenado a las cuatro ruedas. A partir de ese año, se potencia la investigación en estos sistemas y aparece en la misma década el servofreno, que por medio de un sistema mecánico multiplicaba la fuerza ejercida por el conductor, llegando a las ruedas una fuerza de frenado mucho mayor con ayuda de un sistema de palancas como el que vemos en la siguiente ilustración [Agüero H., (2012)].

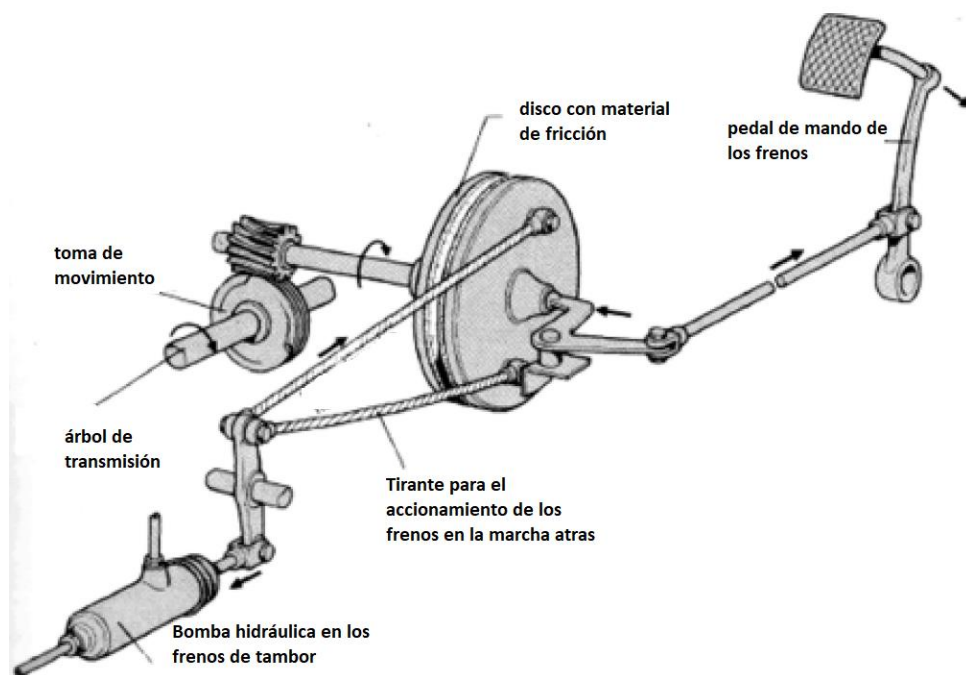
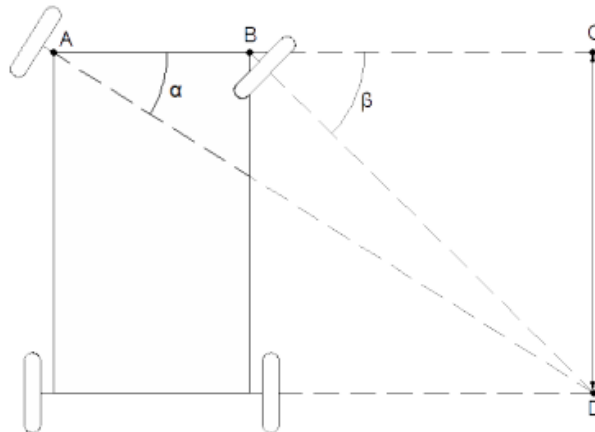


Ilustración 37. Sistema de frenado por servofreno. Recuperado de [Agüero H., (2012)]

#### 4.2.4.- Evolución del sistema de dirección

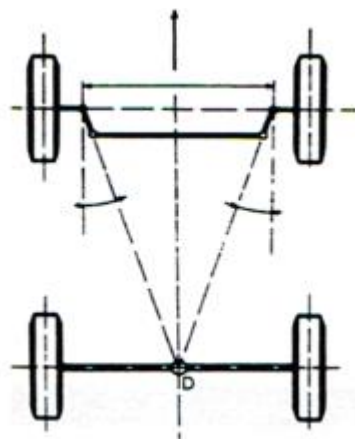
Al igual que el resto de mecanismos, el sistema de dirección se vio involucrado en un proceso de evolución y mejora. Los primeros automóviles contaban con un sistema de dirección rudimentario, formado generalmente por palancas accionadas por la propia fuerza del conductor. El volante se inventó en el año 1894 de la mano del ingeniero Alfred Vacheron, con el consecuente progreso que supuso.

El sistema de dirección se ve sometido a constantes mejoras hasta que aparece el “sistema de dirección Ackermann” en 1818, en Londres, gracias a Rudolf Ackermann. Este sistema es el prototipo de partida que se ha seguido utilizando hasta nuestros días. La base de este sistema de dirección es conseguir que se pueda producir un giro sin que deslicen las ruedas sobre el suelo, requiriendo para ello que los ejes de las ruedas pasen por un mismo punto [Agüero H., (2012)].



**Ilustración 38. Condición para sistema de dirección Ackerman. Recuperado de [Celada F., (2015)]**

De forma prácticamente paralela a Ackerman el ingeniero Jeantaud inventó en Francia un sistema de dirección similar basado en el “Trapezio de Jeantaud”. Por tanto, ambos inventores son los que marcaron el punto de referencia de los sistemas de dirección actuales [Agüero H., (2012)].



**Ilustración 39. Trapecio de Jeantaud. Recuperado de [Celada F., (2015)]**

### 4.3.- Etapa 1960-1990. Introducción de la Electrónica en el automóvil

Esta etapa está caracterizada por la introducción de los sistemas de inyección electrónica y los sistemas de seguridad.

En torno al año 1960, comienza una fase de investigación para poder incluir componentes electrónicos en el automóvil. La electrónica de la época se diseñaba para trabajar en ambientes muy distintos al de los automóviles, y los investigadores buscaban conseguir la integración (o sustitución) en partes mecánicas, pero también se enfrentaron al gran reto de conseguir que las condiciones en las que iban a trabajar los componentes electrónicos implementados en el automóvil no repercutiesen en su rendimiento. Los componentes electrónicos son susceptibles de fallar si trabajan en condiciones de suciedad, vibraciones, altas temperaturas y humedad. Es por ello, que los investigadores tenían como objetivo reducir las dimensiones de los componentes, obtener resistencia tanto ante altas temperaturas como en situaciones de vibraciones y reducción de emisión de calor, entre otras.

Se considera que fue en 1970 cuando la electrónica consigue realmente entrar en el campo de la automoción, y lo hace gracias a la **inyección electrónica** como sustituto del clásico carburador [Lara A., (2012)]. Esto supuso un hecho histórico, debido a su gran repercusión ante la reducción de contaminación y consumos.

#### 4.3.1.- Inicio de la era electrónica en la automoción

Comienza en 1970 la era electrónica en la automoción, liderada por la versatilidad de los microprocesadores, de forma que no tardaron en aparecer las primeras **ECU** (Electronic Control Unit. Unidad de Control Electrónico). Una de las primeras aplicaciones de ECU la encontramos en el año 1978 bajo el sistema de **ABS** (Anti-lock Braking System, Sistema Antibloqueo de Frenos) posibilitando el control de la frenada y evitar el bloqueo de las ruedas ante una frenada pronunciada [Lara A., (2012)].

A partir de 1978 se observa un aumento considerable de componentes electrónicos en el vehículo, caracterizado por una combinación de sensores que adquieren valores de ciertos parámetros, y a su vez generan señales (actuadores), las cuales son interpretadas por los microprocesadores integrados en las ECU para una toma de decisiones en el comportamiento del vehículo.

#### 4.3.2.- Primeros métodos de diagnosis electrónicos

En el año 1988, en Estados Unidos aparece el **OBD** (On Board Diagnostics, Diagnóstico de a bordo) ante la normativa de “California Air Resources Board” para que todos los coches de gasolina contasen con un componente electrónico que permitiese la realización de un diagnóstico del motor, con vistas a poder controlar por medio de la electrónica las emisiones máximas que emitían los automóviles a la atmósfera por el sistema de escape [Gómez, Noroña, M., M., (2019)]. Este sistema es el predecesor del actual **OBD II** y del **OBDIII** que se está integrando en el sector actualmente.

#### 4.3.3.- Tecnología “Drive by wire”

El conjunto de funciones mecánicas que han sido sustituidas por la electrónica se cataloga con el término “**Drive by wire**”, conducción por cable. Bajo esta denominación, a la cual se sigue haciendo referencia a día de hoy, se engloba toda tecnología implicada en modificaciones que afectan al control variable de válvulas, encendido por alternador, cambio de velocidades, frenado, suspensión, aceleración, etc. [Páez F. J., Furones A. (2017)].

Desde finales de los años noventa y hasta principios de la primera década del siglo XXI, destacan los primeros sistemas “Drive by wire”, siendo algunos de ellos:

**Acelerador por cable** (Throttle-by-wire): ha sido uno de los sistemas mecánicos sustituidos por componentes electrónicos más representativos del grupo del conjunto “Drive by wire”. Se basa en un conjunto de sensores y actuadores que permiten un control más exhaustivo de la velocidad en aceleraciones y frenadas pronunciadas, así como una mejor optimización de la inyección de combustible en función de las lecturas de los sensores al acelerar. Ha sido uno de los más implementados desde su inicio.

**Brake-by-wire**: dentro de este grupo tenemos frenos electrohidráulicos y frenos electromecánicos.

- **Frenos electrohidráulicos**: se fundamentan en la sustitución del cilindro maestro por una serie de sensores que envían los resultados de sus lecturas a una unidad de control. Esta unidad de control se encarga de regular el accionamiento hidráulico de cada rueda.
- **Frenos electromecánicos**: en este caso se elimina por completo el sistema hidráulico y se actúa sobre la frenada con actuadores electromecánicos. Los actuadores se accionan en función de las

señales que son registradas por los sensores y gestionadas por las unidades de control.



**Ilustración 40. Sistemas mecánicos que han sido complementados (o sustituidos) por componentes electrónicos. Recuperado de [Gómez, Noroña, M., M. (2019)]**

#### 4.3.4.- Consecuencias del aumento de componentes electrónicos en el automóvil

Uno de los primeros retos a los que se enfrenta el sector de automoción ante el incremento de componentes electrónicos es el hecho de que cada vez hay una mayor demanda eléctrica, la cual es proporcionada por la batería. De forma que a su vez las baterías se vieron sometidas a una evolución que mejorase sus características y prestaciones, para dar respuesta a esta necesidad.

La sustitución de componentes mecánicos por componentes electrónicos no solo implica una disminución de peso, sino también un aumento del espacio libre en el automóvil. La inclusión de la electrónica en el sector de la automoción, junto con el rápido progreso de dichas líneas de investigación, llevó consigo un resultado similar al que ocurrió con los teléfonos móviles. En primer lugar, los automóviles redujeron el tamaño y peso de sus componentes gracias a la electrónica, pero a su vez, gracias al espacio libre obtenido y al progreso de las investigaciones, se implementan nuevos sistemas con nuevas funcionalidades, llevando consigo la reducción del espacio libre entre componentes y, nuevamente, un aumento de peso.

En la publicación de [Lara A., (2012)] se muestra cómo en los primeros años de esta etapa, 1976-1981, los vehículos llegan a aligerar hasta 350 Kilogramos, gracias a la sustitución de componentes mecánicos por electrónicos. En cambio, de 1981 a 2005, consecuencia de la instalación de nuevas funcionalidades por medio de sistemas electrónicos, el peso de los automóviles aumenta hasta 400 kilogramos. Este aumento de peso se ve repercutido en el consumo, aumentando con una media de 0.2 litros a los 100Km por cada 50Kg de peso o 100wattios de consumo extra.

#### 4.4.-Evolución de la red de comunicaciones

Los sistemas electrónicos representan un complejo conjunto de componentes con funcionalidades específicas, que se han convertido en imprescindibles. Una de las claves de la electrónica en el automóvil es el intercambio de datos. De nada sirve contar con los mejores componentes referidos a ECU, sensores y actuadores, si no existe una buena red de comunicación que interconecte todos los componentes. En toda instalación electrónica, siempre se ha de dar importancia a la obtención de conexiones robustas, junto con un equilibrio de temperaturas que nos asegure el correcto funcionamiento del sistema.

En la red de comunicaciones, se engloba al conjunto formado por cables, conectores, terminales, cintas, clips y todo tipo de protección que garantice una señal estable y robusta para así conseguir un correcto funcionamiento e intercambio de información.

En el automóvil, los sistemas electrónicos se ven expuestos a situaciones de vibración, cambios de temperatura considerables, exposición a la humedad, polvo y muchos otros más. Por otro lado, el cableado tradicional no estaba preparado para los requerimientos de los sistemas electrónicos posteriores, ni para el intercambio de información.

Debido a las limitaciones del cableado, se implementaron comunicaciones específicas para cada sistema electrónico, con la consecuente sobrecarga de la red de cableado, dificultad de refrigeración por la falta de espacio libre y el aumento de peso.

Estos impedimentos representaron un gran reto para la ingeniería, que a día de hoy lo sigue siendo. Pues se vieron obligados a encontrar una solución que garantizase dichos requerimientos y a su vez, aminorase el tamaño y en definitiva el coste agregado, para hacer frente al incremento desenfrenado de componentes electrónicos en el automóvil.



## Redes de comunicación más representativas

A continuación, se presentan algunos de los progresos más importantes en la evolución de la red de comunicación:

- **Sistemas de multiplexados:** facilita el intercambio de varios paquetes de información y energía por un mismo cable.
- **Fibra óptica:** se presenta como medio sustituto del cableado tradicional, aportando la ventaja de alta capacidad de transmisión, reducción de peso y estabilidad ante interferencias electromagnéticas, entre otras.
- **Controller Area Network (CAN):** estandarizado por ISO 11898 en 1981 favoreciendo transmisión con un rango de velocidades de 1kb/s a 1Mb/s por medio de un bus serie de datos, [Gómez, Noroña, M., M., (2019)].
- **Low Voltage Differential Signal (LVDS. señal diferencial de bajo voltaje):** emergente en el año 1994 con el objetivo de dar soporte a los componentes multimedia como cámaras y pantallas ofreciendo un ancho de banda de 1 a 4 Gb/s, [Gómez, Noroña, M., M., (2019)].
- **Gigabit Ethernet:** tecnología introducida a finales de los años 90, caracterizada por su escalabilidad, confiabilidad y flexibilidad (entre otras). Funcionando a 100 Mb/s y abalado por el estándar “ISO 13400-3/Comunicación de diagnóstico por protocolo de Internet (DoIP)”, [Gómez, Noroña, M., M., (2019)].

En definitiva, se pueden distinguir tres grandes etapas que han definido la evolución de las redes de comunicación:

- **Primera etapa:** enfocada a las conexiones eléctricas
- **Segunda etapa:** caracterizada por la transmisión de información y electricidad en un mismo cable.
- **Tercera etapa:** destaca por la transmisión de varias señales a través de un mismo cable.

#### 4.5.- Evolución de la integración de sensores en el automóvil

Los sensores representan uno de los pilares de la electrónica. Su funcionalidad radica en la adquisición de datos, de tal forma que ofrecen la posibilidad de medir un amplio rango de magnitudes físicas y convertir la lectura en otra magnitud fácilmente cuantificable, generalmente señales eléctricas. De este modo, las unidades de control electrónico (ECU) pueden interpretar dichas señales y generar una respuesta de control a los actuadores, en base a sus algoritmos internos.

La evolución en el ámbito de los sensores se ha visto acelerada debido a su alta vinculación con el sector de la robótica y la automoción. Dichos sectores buscan alcanzar altos grados de autonomía, siendo los sensores uno de los elementos claves para conseguir sus objetivos.

En el sector del automóvil podemos diferenciar tres grupos de sensores, según su funcionalidad, siendo estos: sensores de motor y transmisión, sensores de seguridad y sensores de confort.

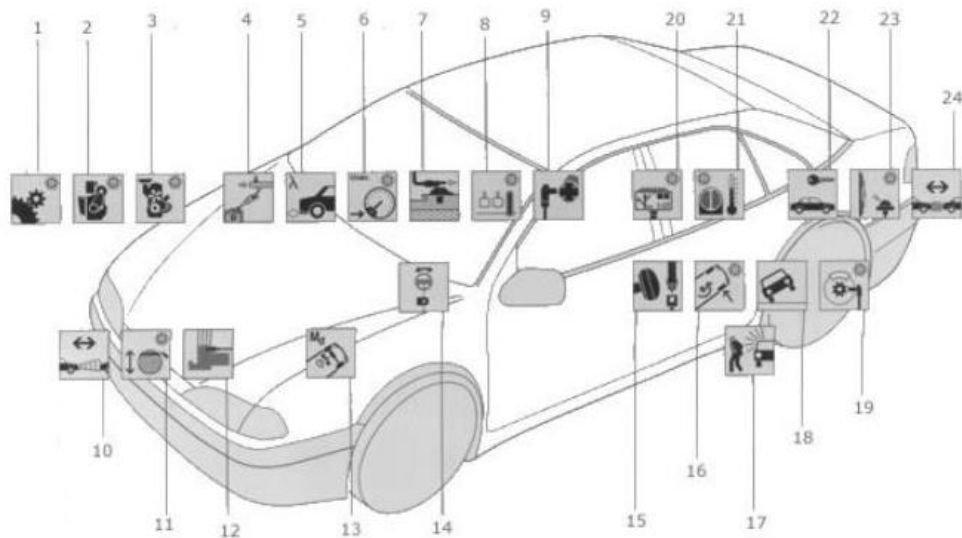


Ilustración 41. Sensores más representativos en un automóvil. Recuperado de [González A., (2019)]

<b>Desglose de sensores localizables en un automóvil</b>	
<b>Sensores de motor y transmisión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1- Sensor de presión (mando de cambio Motronic)</li> <li>2- Sensor de presión de sobrealimentación (regulación electrónica Diesel, Motronic)</li> <li>3- Sensor de nada de aire (Motronic)</li> <li style="padding-left: 20px;">Sensor de picado (Motronic)</li> <li style="padding-left: 20px;">Sensor de presión ambiente (Motronic)</li> <li>4- Sensor de alta presión (inyección directa de gasolina, Common Rail)</li> <li>5- Sonda Lambda</li> <li>6- Sensor de velocidad de rotación (mando de cambio Motronic)</li> <li>7- Sensor de presión del depósito (diagnosic de abordó)</li> <li>8- Transmisor de posición del pedal (acelerador electrónico, freno electrohidráulico)</li> <li>9- Sensor de ángulo de posición del árbol de levas (Motronic)</li> </ul>
<b>Sensores de seguridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10-Radar telemétrico (ACC, prevención de colisión)</li> <li>11-Sensor de inclinación (regulación de los faros)</li> <li>12-Sensor de alta presión (ESP)</li> <li>13-Sensor de par (servodirección)</li> <li>14-Sensor del ángulo del volante de dirección (ESP)</li> <li>15-Sensor de aceleración (airbag)</li> <li style="padding-left: 20px;">Sensor de ocupación de asiento (airbag)</li> <li style="padding-left: 20px;">Sensor de magnitud de giro o viraje (ESP)</li> <li>16-Sensor de aceleración transversal (ESP)</li> <li>17-Sensor de inclinación</li> <li>18-Sensor de vuelco</li> </ul>

	19- Sensor de velocidad de giro ruedas (ABS)
<b>Sensores de confort</b>	20-Sensor de viraje (navegación) 21-Sensor de calidad de aire (climatizador) 22-Sensor de presión (cierre centralizado) 23-Sensor de lluvia 24- Sensor telemétrico de ultrasonido (vigilancia zona trasera, aparcamiento)

**Tabla 6. Desglose de sensores localizables en un automóvil [Elaboración propia]**

Tal es la importancia y eficacia de los sistemas electrónicos de los que forman parte algunos de estos sensores, especialmente los de seguridad, que regiones punteras en el sector de la automoción como son Estados Unidos de América o Europa han catalogado como obligatorios:

- **ABS:** Sistema encargado del control de la frenada ante una situación de emergencia, evitando el bloqueo de las ruedas. Implementado por primera vez en 1978 por Mercedes y de uso obligatorio a nivel europeo desde el año 2003 [DGT, 2014].
- **ESP** (Elektronisches Stabilitäts Programm. Programa Electrónico de Estabilidad): Reduce la posibilidad de derrapar por medio de un sistema de comparación entre la trayectoria a seguir del vehículo y la trayectoria deseada por el usuario en función de la posición del volante, para actuar en consecuencia sobre el sistema de frenado. Debido a su alto porcentaje de eficacia, llegando a reducir hasta un 50% de accidentes de gravedad y evitando hasta el 80% de los causados por derrapar, en Europa se impuso su obligatoriedad en nuevos modelos salidos a mercado desde Noviembre de 2014 [DGT, 2014].
- **TPMS** (Tire Pressure Monitoring System, Sistema de Monitorización de la Presión de los Neumáticos): control de presión de neumático, de obligatoriedad en los vehículos fabricados desde el año 2007 en EEUU con la ley TREAD o en 2012 en la UE (Unión Europe) [DGT, 2021].
- **Airbag:** Se trata de una sistema de seguridad pasiva que busca aminorar el impacto del usuario con partes rígidas del vehículo ante un impacto brusco. Su electrónica se basa en el sensor de

aceleración, de forma que ante una deceleración acusada, la ECU toma las decisiones pertinentes y envía las señales a los actuadores para activar los airbags si fuese situación de peligro. Su instalación en la UE es obligatoria en el caso de los airbags frontales desde el año 2006, [González A., (2019)].

- **Sistemas de dirección asistida:** en sus inicios era un sistema hidráulico que facilitaba el giro al conductor, pero con la entrada de la electrónica ha sido sustituido por un conjunto de sensores capaces de medir la posición, velocidad y par, para que la ECU mande las ordenes adecuadas al actuador. Facilita la conducción y aumenta la rapidez con la que poder esquivar un obstáculo, evitando la colisión.
- **OCS (Occupant Classification System, Sistema de Clasificación de Ocupante):** sistema para la clasificación de pasajeros. Complementa al sistema de Airbag para solo activar los asientos ocupados en caso de colisión, pero tiene muchas mas utilidades como puede ser el aviso de pasajero sin cinturón de seguridad. En sus versiones mas modernas puede llegar incluso a reconocer qué tipo de pasajero (niño, adulto, silla de niño) ocupa el asiento y adaptar la presión con que sale el airbag.

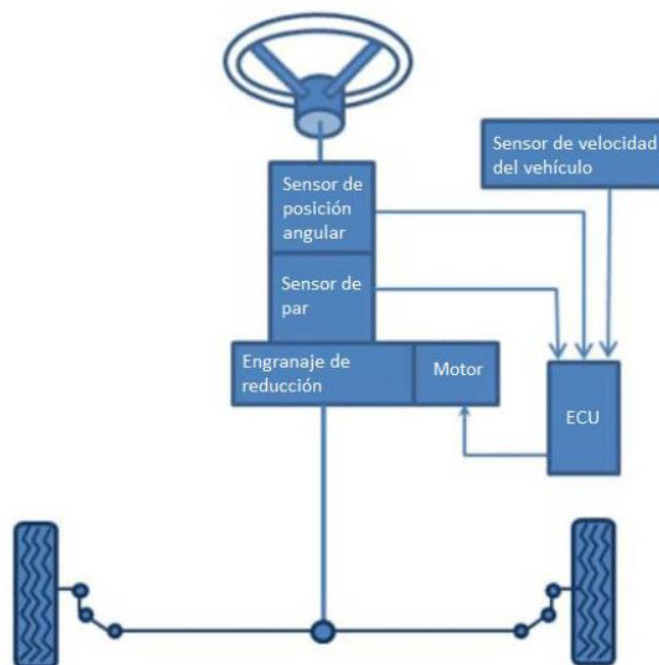


Ilustración 42. Esquema del sistema de dirección electrónico. Recuperado de [González A., (2019)]

## 4.6.- Evolución de las unidades de control electrónico (ECU)

Las unidades de control electrónico ECU han pasado a ser piezas clave dentro de la evolución electrónica en el sector automoción. En un principio, aparecieron como solución a las regulaciones frente a emisiones de CO2 contaminantes del Estado Americano en las décadas de 1970 y 1980. Actualmente, procesan prácticamente el 100% de la información del vehículo para generar instrucciones que lleven al correcto funcionamiento del mismo. Esta evolución ha sido paulatina y con el paso de los años ha ido modificándose, mejorando y adaptándose a las necesidades del vehículo (funcionalidad, seguridad, confort).

Con el término ECU englobamos tanto su parte software como hardware. Su parte hardware queda integrada por medio de circuitos impresos en una placa PCB (Printed Circuit Board, Placa de Circuito Impreso), donde destacan el microcontrolador, memoria EPROM o memoria Flash. El objetivo principal de las ECU es tener tal sincronización y tal velocidad entre la parte hardware y software, que prácticamente tengan un comportamiento lectura/respuesta en tiempo real.

Desde la aparición de las primeras ECU, se han visto involucradas en un proceso continuo de cambios y mejoras en su diseño. Es por ello que es complicado hacer una subdivisión temporal de su evolución, en consecuencia, realizaremos su desglose en función de las mejoras y actualizaciones que se han ido logrando:

- Primeras unidades de control
- Unidades de control programables
- Unidades de control programables actualizadas
- Unidades de control de última generación

### 4.6.1.- Primeras unidades de control

Como ya hemos ido viendo a lo largo de este capítulo, se introducen los sistemas electrónicos buscando solventar o mejorar aspectos concretos. Sin embargo, al principio no se implementó la debida interconexión entre los distintos sistemas electrónicos y ECUs, con la consecuente sobrecarga de cableado y componentes ya mencionada. Estas primeras versiones de ECU usaban diseños básicos en combinación de electrónica analógica y digital, de forma que realizaban la toma de datos con técnicas analógicas, para

posteriormente obtener las salidas, que se pasaban a los actuadores, tras consultar una tabla de valores almacenada en una memoria, la cual solo permitía su lectura.

#### 4.6.2.- Unidades de control programables

Frente a las primeras versiones, surge la necesidad de paliar la sobrecarga de su predecesora, junto con la necesidad de una mayor interconexión interna entre los distintos dispositivos. Es por ello que aparecen las primeras ECUs programables alrededor de 1996, pudiendo ser programadas tras su instalación por medio de los puertos OBD (On Board Diagnostics, Diagnóstico de a bordo).

Para dar solución al intercambio de información, los buses adquieren un papel importante, permitiendo que las ECUs con funcionalidades correlacionadas puedan quedar interconectadas. La integración del bus dio paso a una búsqueda de protocolos de comunicación que fuesen eficaces y robustos, entre los que han destacado CAN, LIN, SAE J1850, FlexRay y MOST [Lara, A., (2012)].

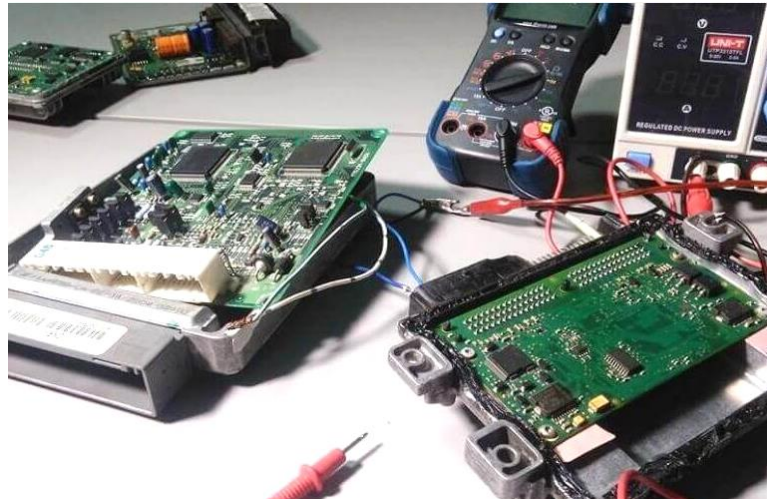
#### 4.6.3.- Unidades de control programables actualizadas

En estas versiones de ECU se da un paso más allá para la optimización de conexiones, pues ya no son ECU encargadas de funciones específicas e interconectadas entre sí, sino unidades de control capaces de abarcar varias funcionalidades a la vez, cuyas variables que entran en juego son similares. Es así como junto con la evolución de los arneses se consigue una optimización tanto del espacio como de la velocidad de comunicación.

[Lara, A., (2012)] en su obra relata el ejemplo del fabricante BMW con el sistema de seguridad 7-Series, el cual busca una respuesta en tiempo real de 13 unidades de control cumplimentando funciones asociadas a los sistemas de seguridad pasivos, apoyos de cabeza y airbags. Al igual que el sistema “drive-to-wire” engloba cinco sistemas que son el control de estabilidad, advertencia de las condiciones de la carretera, control de crucero, prevención de colisiones y dirección frontal adaptable.

#### 4.6.4.- Unidades de control de última generación

Esta última etapa se extiende hasta nuestros días y es la que más competencia ha generado entre los fabricantes. Se caracteriza por la reducción del número de ECU que se encuentran en el interior del automóvil, a cambio de introducir unidades de control mejoradas y mucho más potentes, siendo capaces de abarcar todas las funcionalidades de las ECU que pretenden sustituir. Otro de los grandes logros de esta etapa son las unidades de control reconfigurables. Esto facilita que dos modelos de coche puedan usar la misma unidad, pero responder de manera diferente según la programación implementada en cada caso, con el consecuente ahorro en diseño que esto supone. Esto conlleva contar con unidades de control cada vez más grandes, complejas y únicas que marquen la diferencia en el mercado automovilístico.



**Ilustración 43. Vistas del interior de una unidad de control ECU. Recuperado de [Auto Avance, 2018]**

En la actualidad, un vehículo puede llegar a integrar 35 ECUs, pudiendo llegar a 150 los automóviles de gama alta [Gómez, Noroña, M., M., (2019)].

#### 4.7.- Evolución de los métodos de diagnóstico

En cuanto a los procedimientos que se han seguido para el diagnóstico de fallos internos del automóvil, para su posterior reparación o sustitución se pueden presentar tres etapas significativas.



#### 4.7.1.- Primera etapa

En sus inicios, cuando la construcción era prácticamente 100% mecánica, la detección de fallos quedaba condicionada al criterio del mecánico o técnico que se disponía a encontrar dichos fallos o a prevenirlos. Generalmente, estos criterios se fundamentaban en la formación previa del mecánico y su experiencia. Esta tarea ya de por sí no era sencilla, puesto que, pese a que los automóviles partan de una base similar, cada fabricante buscaba diferenciarse de la competencia, y es por eso que en la mayoría de los casos existía un manual de taller de cada modelo, que facilitase la comprensión de la mecánica integrada a los expertos de los talleres.

#### 4.7.2.- Segunda etapa

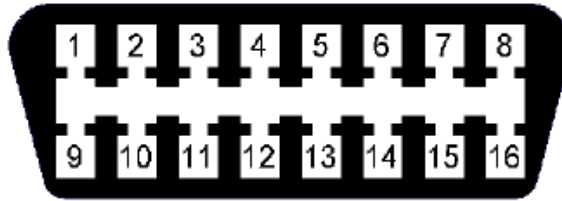
La segunda etapa se inicia con la introducción de la electrónica en el automóvil y ante la complejidad aumentada aparece la necesidad de un **protocolo de diagnóstico**. Es aquí cuando nace el **OBD**, impuesto por ley en Estado Unidos en el año 1988, con la finalidad de poder garantizar que el control de emisiones de CO<sub>2</sub> no superara unos baremos máximos previamente fijados. El protocolo OBD buscaba realizar diagnósticos continuados y en tiempo real, de forma que ante la falla de cualquier elemento hardware (sensores, actuadores, etc.) que repercutiese en el control de las emisiones de CO<sub>2</sub>, pudiese ser detectado en tiempo real para poder ser reparado a tiempo y no repercutir en daños peores a los elementos involucrados en las emisiones del motor.

MARCA	DIAGRAMA	ALIMENTACIÓN PRINCIPAL			
		TIERRA	VOLTAJE	DATO 1	DATO 2
GM OBD-I 1982 a 1995		A	B (5.07 V)	M (14-350Mv)	NA
		A	B (5.07 V)	D (88.5Mv)	E (325Mv)
GM OBD-I Con conector OBD-II 1995 a 1999		5	6 (5.07 V)	9 (80-90mV)	NA
		5	6 (5.07 V)	9 (80-90mV)	7 (300-400mV)
FORD OBD-I 1982 a 1995		2	7 (5.07 V)	4 (Pulsos p/mil)	6 (Relé de bomba)
		1	7 (5.07 V)	5 (700-800 mV)	3 (<Batería)
CHRYSLER OBD-I 1981 a 1995		1	6 (V batería)	4 (Datos seriales)	3 (Relé de paro automático ASD)

Tabla 7. Conectores OBD I. Recuperado de [Sánchez L. J. et al, (2016)]

#### 4.7.3.- Tercera etapa

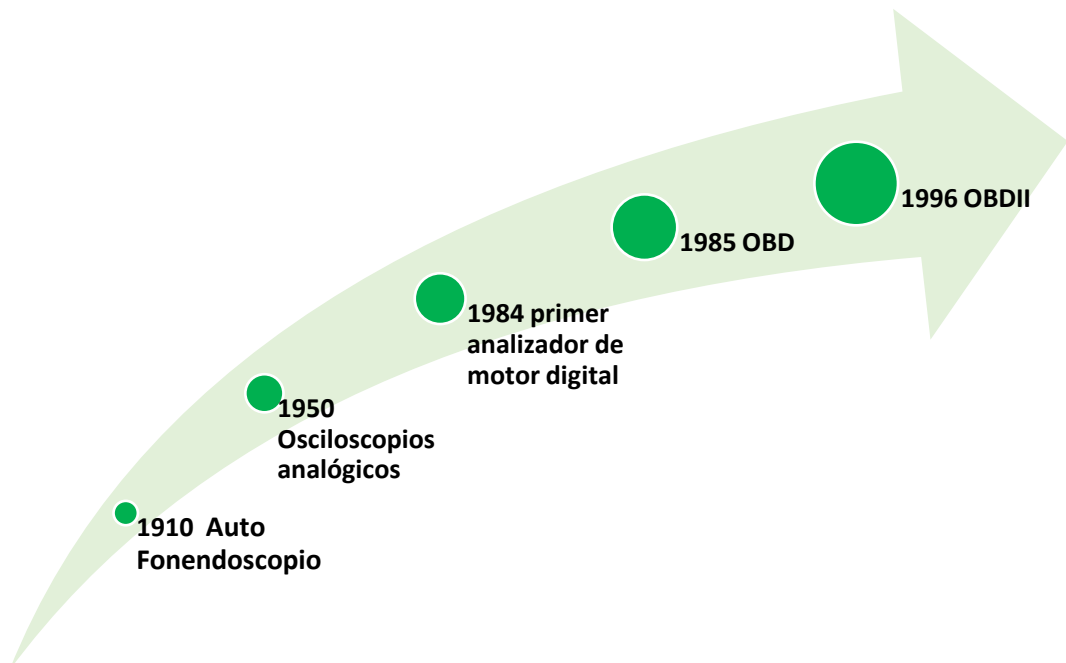
La tercera etapa parte de la actualización del OBD tras las regulaciones al nuevo OBD-II en el año 1994. El protocolo **OBD II** ya no solo se centra en un protocolo de diagnóstico en tiempo real para registrar datos y avisar de fallos, sino que da un paso más y permite realizar monitorizaciones, diagnósticos más profundos e incluso reprogramaciones. Este es el protocolo que ha llegado hasta nuestros días y el cual no ha cesado en incluir mejoras continuamente aumentando así sus funcionalidades.



- |                          |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| 1.- Sin uso              | 9.- Sin uso               |
| 2.- J1850 Bus positivo   | 10.- J1850 Bus negativo   |
| 3.- Sin uso              | 11.- Sin uso              |
| 4.- Tierra del Vehículo  | 12.- Sin uso              |
| 5.- Tierra de la Señal   | 13.- Tierra de la señal   |
| 6.- CAN High             | 14.- CAN Low              |
| 7.- ISO 9141-2 - Línea K | 15.- ISO 9141-2 - Línea L |
| 8.- Sin uso              | 16.- Batería - positivo   |

**Ilustración 44. Relación de pines conector OBD II. Recuperado de [elaboración propia]**

Tal ha sido la complejidad que ha alcanzado la electrónica interna del automóvil, que se ha hecho imprescindible el uso de herramientas de diagnóstico (scanner) que faciliten el trabajo a los mecánicos y técnicos de automoción.



**Ilustración 45. Evolución de los sistemas de diagnóstico de fallos en el automóvil. [Elaboración propia]**

## 4.8.- Conclusiones del capítulo

Tras el desarrollo de este capítulo hemos podido observar el gran cambio que se ha producido en el mundo del automóvil gracias a la adopción de la electrónica.

A nivel de ingeniería es admirable observar la gran labor que han desarrollado todos los integrantes de las líneas de investigación que han derivado en los coches que circulan por las calles hoy en día.

La integración de la electrónica ha generado un progreso tecnológico diversificado, pues ya no es meramente mecánica la complejidad del automóvil, sino que engloba muchas ramas de la ingeniería como pueden ser electrónica, eléctrica, telecomunicaciones, ciencia de los materiales y muchas otras más.

Esta multidisciplinariedad ha forjado un interés de progreso y vistas a futuro en que ninguna parte puede dejar atrás a otra si no se quiere perder la armonía del progreso. Un claro ejemplo lo encontramos en las unidades de control ECU, las cuales inicialmente actuaban de forma independiente entre ellas, pero no se tardó en llegar a la conclusión de que la interconexión es necesaria y ventajosa. Conclusión a partir de la cual entra en juego la gran labor de todas las líneas de investigación de telecomunicaciones.

A su vez, en este capítulo hemos comprobado cómo la evolución del automóvil es un claro reflejo de la evolución de nuestra sociedad, en la cual la electrónica prácticamente ha seguido las mismas líneas de inclusión, recibiendo similar aceptación y dependencia. Se constata con ejemplos ya mencionados como el de la telefonía móvil o bicicletas asistidas por sistemas electro/electrónicos o patinetes completamente eléctricos. De tal forma que no cabe duda de que los estudios e investigaciones del presente darán lugar en el futuro a nuevos proyectos y remodelaciones.

## 5.- Actualidad en la automoción y tendencias a futuro

### 5.1.- Introducción al capítulo

Hoy en día, los componentes eléctricos y electrónicos siguen un rumbo vertiginoso en cuanto a la integración de funcionalidades en los automóviles. Como hemos analizado en el capítulo 4, los primeros dispositivos electrónicos que se integraron en los vehículos tenían como objetivo mejorar el rendimiento de partes mecánicas, llegando incluso a ser sustituidas algunas de ellas por dispositivos electrónicos. En la actualidad las investigaciones sobre la integración de dispositivos electrónicos en el automóvil tienen como objetivo obtener la máxima autonomía del vehículo, de forma que se minimice el uso de combustibles fósiles, a cambio del uso de energías renovables menos contaminantes. De todas las iniciativas actuales, sin duda, la que lidera el sector es el vehículo eléctrico, pero también han destacado vertientes como los vehículos híbridos y la idea de utilizar hidrógeno como combustible.

El hecho de la integración electrónica, como ya vimos en el capítulo anterior, ha obligado a mejorar y perfeccionar de manera constante los protocolos de comunicación. Esto ha generado una nueva línea de investigación en cuanto a la ciberseguridad en el automóvil, ante la nueva tendencia en pro de redes y dispositivos que incluyan mejores prestaciones, aunque a su vez se requiere una mayor protección por su vulnerabilidad.

Por otro lado, ya con vistas al futuro de la electrónica nos encontramos en una etapa de transición hacia una nueva era debido a todas las investigaciones que hay actualmente en expansión, como la inteligencia artificial, y que inevitablemente están llegando al mundo de la automoción. Aunque siempre es necesario un periodo de prueba y asentamiento para ser lo más fiables posibles, es una tecnología susceptible de ser integrada en este sector.

### 5.2.- Actualidad

En la actualidad el sector del automóvil se encuentra en un momento de bastante incertidumbre. Por una parte, tenemos las duras consecuencias derivadas de la pandemia del Covid-19. Pocos han sido los sectores que no se han visto afectados por la situación, así como ya vimos en el capítulo 2, el sector del automóvil aún se ve gravemente repercutido.

### 5.2.1.- Desarrollo sostenible

Actualmente nos situamos en una etapa en la que cada vez son más las evidencias sobre la necesidad de realizar un desarrollo sostenible. A pesar de ello, para lograrlo se requieren de grandes inversiones que no son asumibles a corto plazo por las empresas fabricantes tras los efectos de la pandemia sobre la economía. La pandemia no solo ha repercutido en la economía, también en otros de los pilares actuales del sector del automóvil como es la producción y distribución de semiconductores.

El progreso hacia el desarrollo sostenible debe ir en consonancia en las diferentes esferas (social, medio ambiental, política, etc.). En relación con el sector que nos atañe, la automoción, a pesar de que se han producido ya los primeros avances y demuestran eficiencia y eficacia, aún queda mucho por investigar, y sobre todo buscar su rentabilidad, ya que actualmente se encuentran solo para presupuestos muy elevados. Recordemos como Ford revolucionó el mercado abaratando costes para hacer más asequible los automóviles.

Para obtener resultados positivos en la búsqueda de un futuro basado en el desarrollo sostenible, se requiere de una adopción masiva de este planteamiento. En el sector del automóvil, para lograr este objetivo, es necesario incrementar el número de ventas de vehículos que contribuyan al desarrollo sostenible. Para lograr esta transición se requiere de estrategias como la utilizada por FORD en sus inicios, buscando abaratar los costes de producción, de forma que se pueda ofrecer un precio más competitivo y llegar a una mayor ratio de usuarios.

Por otro lado, está la búsqueda de la reducción del coste final del automóvil, que ha de ir acompañada también de una infraestructura sólida que facilite el uso y mantenimientos del vehículo, junto con unas prestaciones atractivas como pueden ser potencia, diseño y autonomía.

#### 5.2.1.1.- Electromovilidad

Las líneas de investigación actuales se encuentran lideradas por el vehículo eléctrico, consecuencia de los progresos que se han ido obteniendo en los últimos años.

El coche eléctrico pese a que se presenta como un proyecto moderno que supondrá un giro decisivo para el sector de la automoción, lo cierto es que en el pasado ya se habían intentado realizar prototipos, pero no lograron prosperar

debido al elevado presupuesto que suponían, por no conseguir una eficiencia que compensase los costes añadidos frente a los vehículos de combustible fósil. El primer coche eléctrico data del año 1834 (medio siglo antes que el automóvil de combustión interna), siendo su creador Thomas Davenport [Vázquez, R. (2018)]. En la actualidad los avances conseguidos en cuanto a la electricidad y la electrónica, han posibilitado abaratar los costes y logrado la funcionalidad y rendimiento que en el pasado no se obtuvo.

El automóvil eléctrico tiene como objetivo sustituir todo componente mecánico que funcione a base de combustible fósil, de forma que se consiga su propulsión únicamente con motores eléctricos. Dichos motores transforman la energía eléctrica, proporcionada por una serie de baterías, en energía cinética, gracias a las interacciones electromagnéticas.

A continuación, se muestra una subdivisión de los componentes más importantes que marcan las líneas de investigación sobre el vehículo eléctrico:

- Motores eléctricos
- Baterías
- Conectores
- Sistemas de Carga

Pese a que en la actualidad cada año salen al mercado más modelos que son 100% eléctricos, éstos conviven con otros modelos que no son eléctricos en su totalidad, pero que han ido teniendo buena aceptación y han contribuido a la transición, tan importante y necesaria en la incorporación de una nueva tecnología en la sociedad. Este tipo de vehículos podemos clasificarlos dentro de tres grupos:

- **BEV** (Battery Electric Vehicles, Vehículos de Batería Eléctrica): vehículos 100% eléctricos que se recargan conectándose a la red. Los principales retos a solucionar para su completa integración en el mercado son el aumento de puntos de recarga públicos, la reducción del tiempo de recarga, la autonomía y la optimización del coste de los materiales (en especial las baterías) para poder tener un precio de mercado más competente.
- **HEV** (Híbrido Electric Vehicles, Vehículos Eléctricos Híbridos): son vehículos que constan de un motor principal de combustible fósil

(generalmente gasolina) el cual se ver reforzado por un motor eléctrico que actúa para optimizar consumos y reducir emisiones de CO<sub>2</sub>, pudiendo llegar a funcionar solo el eléctrico en situaciones que no se requiera demasiada potencia.

- **PHEV** (Plug-in Hybrid Electric Vehicles, Vehículos Eléctricos Híbridos Enchufables): frente a los HEV estos se caracterizan por su motor eléctrico el cual puede llegar a alcanzar autonomías de entre 5 y 90 km manteniendo el motor de combustible fósil apagado [Vázquez, R. (2018)]. Algunos de los modelos más conocidos son Toyota Prius, Audi A3, BMW i8, Porsche Panamera Hybrid, entre otros [Vázquez, R. (2018)].
- **EREV** (Extended Range Electric Vehicles, Vehículos Eléctricos de Alcance Extendido): son vehículos eléctricos en los cuales la recarga de sus baterías puede realizarse conectándose a la red o bien mediante un pequeño generador de energía eléctrica que funciona con combustible fósil. Son modelos que no llegan a ser 100% exentos de emisiones de CO<sub>2</sub>. Dentro de esta gama encontramos modelos como pueden ser Opel Ampera, BMW i3 versión Rex, Fisker Karma, etc. [Vázquez, R. (2018)].
- **FCEV** (Fuel Cell Electric Vehicles, Vehículos Eléctricos de pila de combustible): aún no destacan por su alta presencia en el mercado, pero los más comunes son los de pila de hidrógeno; la cual produce su energía a través de una reacción química de hidrógeno al combinarse con el aire. Dicha energía se almacena en baterías para suministrarse según lo reclamen los motores.

## 5.2.2.-Elementos básicos del coche eléctrico

### 5.2.2.1.- Motores eléctricos

Los motores que se utilizan para los vehículos eléctricos son de distintas clases según sus requerimientos, pero todos quedan caracterizados por tener los elementos básicos de rotor, estátor y carcasa. A continuación, se muestra una tabla con los distintos tipos de motores, así como sus ventajas y desventajas.



TIPO DE MOTOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>CORRIENTE CONTINUA</b>	1.- Se tiene mucha experiencia sobre ellos 2.- Son fáciles de controlar	1.- Velocidad máxima escasa 2.- Bajo rendimiento 3.- Desgaste de escobillas 4.- Requieren mucho mantenimiento
<b>MOTOR SÍNCRONO (O DE IMANES PERMANENTES)</b>	1.- Alto rendimiento 2.- Peso ajustado 3.- Ruido reducido 4.- Escasas vibraciones	1.- Velocidad baja 2.- Precio elevado 3.- Fabricación compleja
<b>MOTOR DE RELUCTANCIA CONMUTADA</b>	1.- Sin escobillas 2.- Sin imanes permanentes 3.- Sin jaula de ardilla 4.- Buena velocidad 5.- Robustez considerable 6.- Sencilla fabricación	1.- Mucho ruido 2.- Rizado del par 3.- Escasa potencia
<b>MOTOR SÍNCRONO DE EXCITACIÓN SEPARADA</b>	1.- Tamaño 2.- Alto rendimiento 3.- Buena curva de par	1.- Limitaciones de giro por contactos deslizantes 2.- Precio elevado
<b>MOTOR SIN ESCOBILLAS DE IMANES PERMANENTES (BRUSHLESS)</b>	1.- Robustez 2.- Ruido reducido	1.- Aún en fase experimental 2.- Baja potencia 3.- Precio elevado

Tabla 8. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de motores eléctricos.  
[Elaboración propia]

### 5.2.2.2.- Baterías

Son, sin duda, el elemento más investigado en la actualidad, ya que de ellas depende un alto porcentaje del coste final del vehículo eléctrico en su salida al mercado, así como su autonomía y su vida útil. Factores que sin duda son muy competitivos, aunque también debemos tener en cuenta el aspecto medioambiental, relacionado con su fabricación, mantenimiento y terminación de su ciclo de vida.

Debido a este motivo son numerosas las investigaciones, patentes y evoluciones que han tenido lugar en los últimos años.

La base fundamental del funcionamiento de las baterías se centra en las reacciones de oxidación-reducción (“redox”). Cuentan con dos electrodos, cátodo y ánodo, de tal forma que cuando se produce la reacción “redox” uno de los componentes se oxida por la ganancia de electrones y el otro se reduce por su pérdida [Vázquez, R. (2018)].

Las características básicas para la elección de una batería son:

- **Densidad energética [Wh/kg]:** representa la cantidad de energía capaz de aportar en función del peso, de tal forma que a mayor densidad, mayor autonomía y menor peso [Vázquez, R. (2018)].
- **Potencia [W/kg]:** representa la intensidad máxima capaz de aportar en su proceso de descarga, de tal forma que nos interesan altos índices de potencia [Vázquez, R. (2018)].
- **Eficiencia:** como su propio nombre indica con ello conocemos el rendimiento útil de la batería en cuanto a aportaciones de energía [Vázquez, R. (2018)].
- **Coste:** ya hemos adelantado que la batería asume un porcentaje importante del coste final del automóvil.
- **Ciclo de vida:** representa el número de veces que la batería puede ser cargada después de descargada. En la actualidad, la media se encuentra en 3000 ciclos [Vázquez, R. (2018)]. Por ello, vemos que es una de las características clave, pues debido al elevado coste de las baterías, interesa que su vida útil sea lo más larga posible, para que el mantenimiento del vehículo no vea incrementado su coste por la sustitución de éstas.

A continuación, se presentan algunas de las baterías que más aceptación han tenido:

#### **Batería ION-LITIO:**

Son las más utilizadas en el mundo de la electromovilidad y han ido mejorando con el tiempo, caracterizándose en la actualidad por su carencia de memoria de forma que no pierdan la capacidad de carga en su vida útil y que se puedan recargar pese a no estar completamente descargadas, junto con su eficiencia y fácil reciclado [Vázquez, R. (2018)].

#### **Batería de Iones de Litio con Electrólito Líquido:**

Se diferencia de la anterior en que la transferencia de electrones se realiza por medio de una solución líquida.

Los fabricantes siguen inmersos en una carrera competitiva en la que experimentan con el número de celdas, su distribución y la combinación de químicos. Desde las primeras baterías hasta las que podemos encontrar en nuestros días se ha conseguido duplicar la densidad e incluso aumentar cinco veces más su energía con la consecuente repercusión directa que tiene estas características para la autonomía y fiabilidad del coche eléctrico [Vázquez, R. (2018)].

Un caso bastante representativo es el del fabricante Tesla, que utiliza baterías Panasonic y ha conseguido la unión de miles de celtas llegando a conseguir autonomías de hasta 900km [Vázquez, R. (2018)].

Junto a este tipo de baterías se implementa un sistema electrónico con la funcionalidad de optimizar al máximo la transferencia de energía y la detección de fallas durante el funcionamiento, al igual que controlar la recuperación energética proveniente del freno regenerativo para obtener como resultados un funcionamiento eficiente de automóvil [Vázquez, R. (2018)].

#### *5.2.2.3.- Conectores con mayor repercusión en el sector de la electromovilidad*

Al igual que con las baterías, son numerosos los modelos que podemos encontrar de este tipo de elementos, y es por ello, que solo presentaremos los que han tenido mayor repercusión en el sector de la electromovilidad, ya que son el nexo final previo a la red eléctrica para la recarga de las baterías.

**Schuko:** es el conector estándar europeo, el cual permite la transferencia de hasta 16 A, pero no puede soportar la carga rápida. Es por eso que comúnmente queda relegado a medios de transporte de menor escala a la del automóvil [Mier, C. (2019)].

**SAE J1772/Tipo 1:** caracterizado por tener la posibilidad de recarga a 16 A y la opción de carga rápida, por medio de la cual se pueden alcanzar 80 A. Es aceptado tanto en Europa como en EEUU, lo que le convierte en uno de los más utilizados, aunque su procedencia es derivada de unos de los estándares japonés [Mier, C. (2019)].



**Ilustración 46. Conector SAE J1772/Tipo1. Recuperado de [electromaps, (2020)]**

**TESLA:** en el caso del fabricante TESLA cuenta con su propio conector el cual cuenta con la particularidad de que puede adaptarse tanto a estaciones de carga públicas, supercharger (sistemas de carga rápida) o domésticas. Es en la actualidad el más potente del mercado debido a que funcionando en corriente continua es capaz de alcanzar los 130 kW [Mier, C. (2019)].



**Ilustración 47. Conector Tesla. Recuperado de [cocheselectricos10, (2018)]**

**Combo (CCS - Combined AC/DC Charging System, Sistema de Carga Combinada CA/CC):** estándar aprobado por la Comisión Europea y de uso obligatorio ante la instalación de cargadores rápidos (aunque también aguanta carga lenta), lo que hace que todos los fabricantes europeos lo implementen. En su estructura técnica consta de 5 bornes para corriente, comunicación con la red y toma tierra [Mier, C. (2019)].



**Ilustración 48. Conector CCS Combo. Recuperado de [electromaps, (2020)]**

#### *5.2.2.4.- Sistemas de Carga:*

Como ya se ha ido exponiendo en el apartado anterior con los conectores, se cuenta con diversos sistemas de carga, caracterizados por su velocidad como norma general.

**Sistema de carga convencional:** es el sistema adaptado a la potencia de carga suministrada en una vivienda, la cual suele estar alrededor de 3.7 kW de forma que lleva un promedio de 8 horas para cargar la batería. Es por ello que recibe la denominación de carga lenta [Mier, C. (2019)].

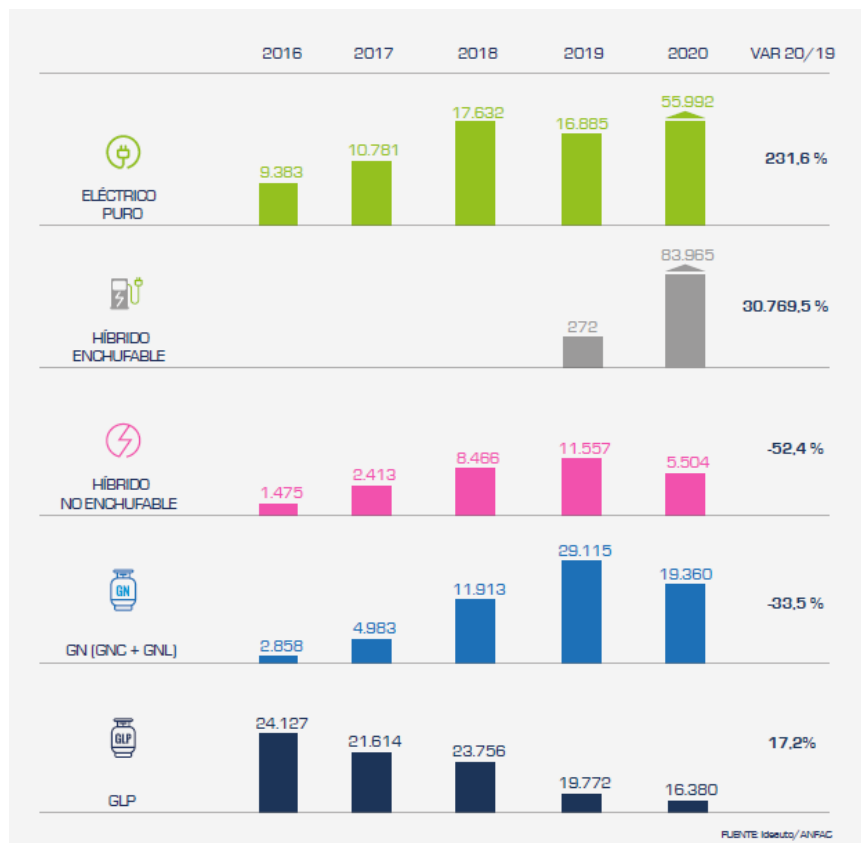
**Sistema de carga semi-rápida:** presenta el doble de potencia (7.3kW) frente a la lenta y se consigue gracias a usar una red de 230V y 32 A, reduciéndose así el tiempo de carga a un promedio de 4 horas [Mier, C. (2019)].

**Sistema de carga rápida:** para poder hacer uso de ello hay que ir a unas instalaciones especiales debido a las altas prestaciones que se requieren en este caso. Puede realizarse tanto en corriente continua como en alterna, dándose los siguientes valores:

- **Corriente continua:** 600V, 400 A y 240KW. Como consecuencia el tiempo de carga a niveles del 80% varía entre 5 y 30 minutos [Vázquez, R. (2018)].
- **Corriente alterna:** 500V, 250 A y 220 KW. De esta forma el tiempo de carga a niveles del 80% toma alrededor de 10 minutos [Vázquez, R. (2018)].

### 5.2.3.- Actualidad del proceso de adaptación a las nuevas generaciones de vehículos en España

En la **ilustración 49** podemos observar cómo en los últimos años la producción de vehículos eléctricos se ha visto incrementada. Pero por otro lado para que esto suceda a gran escala ha de ir acompañado de una suficiente infraestructura que garantice el soporte básico como es el poder recargar las baterías y, en este caso, como podemos ver en las **demás infografías** España aún tiene un gran camino que recorrer.



**Ilustración 49. Producción de vehículos en los últimos años por fuente de energía. Recuperado de [ANFAC, (2019)]**

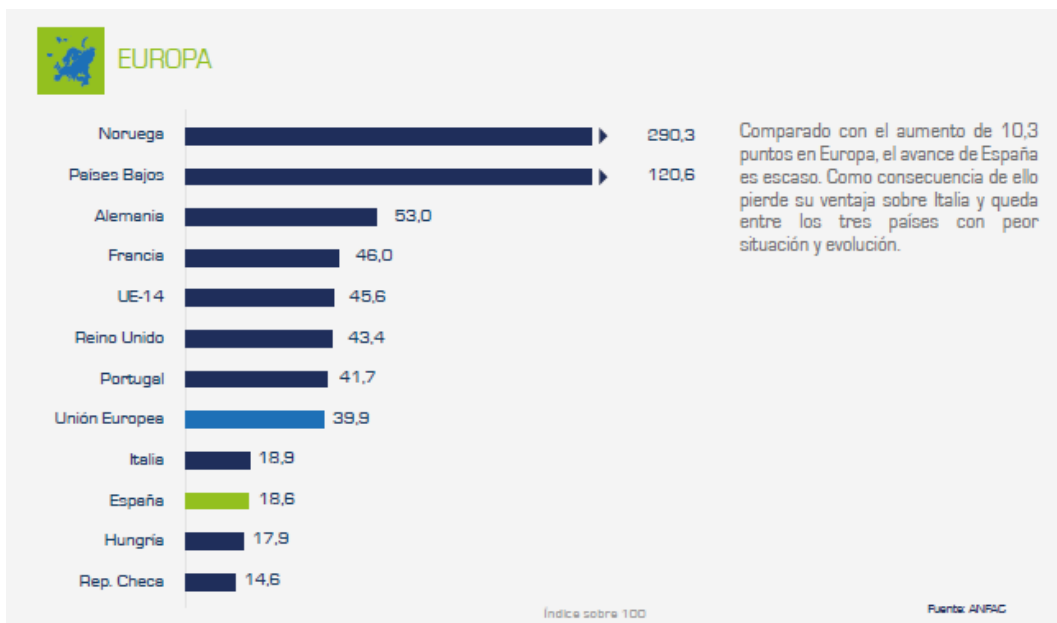


Ilustración 50. Indicador a nivel europeo de electromovilidad. Recuperado de [ANFAC, (2019)]

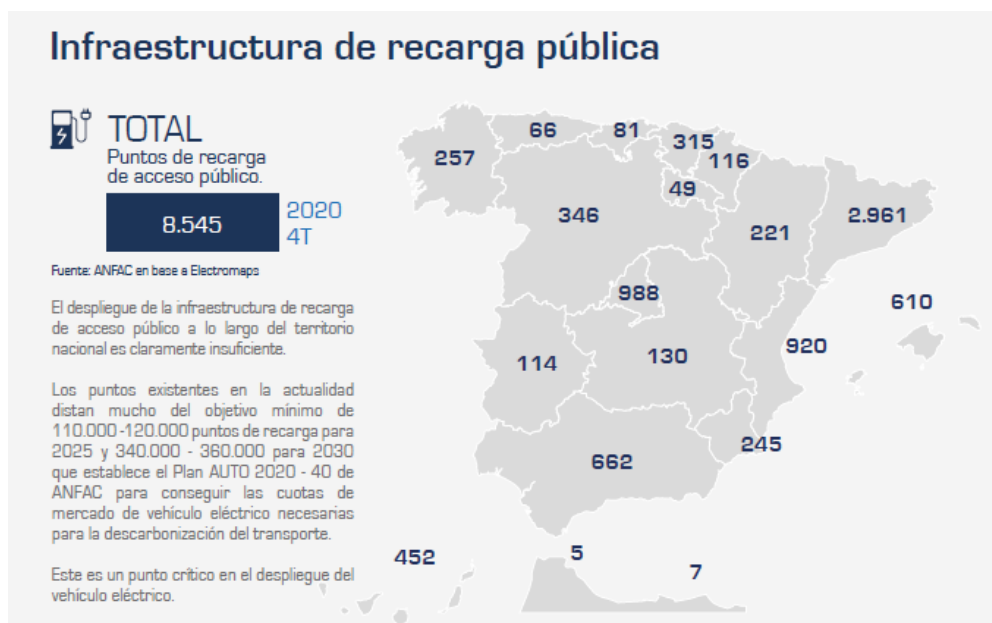


Ilustración 51. Infraestructura de recarga pública. Recuperado de [ANFAC, (2019)]

### 5.3.- Tendencias a futuro

Cuando pensamos en el futuro del automóvil, sin duda la imagen más característica que le ha acompañado durante toda su historia y con la que han soñado todos los investigadores es el concepto de vehículo autónomo, aunque algunos perseguían ideas aún más futuristas como vehículos voladores. Ese concepto se encuentra más cerca que nunca y la probabilidad de que se conceptualice en el futuro más cercano es elevada, debido a los grandes avances que se están consiguiendo a día de hoy. Tal es así, que la Sociedad internacional de Ingenieros Automotrices (SAE), ha elaborado una escala que representa el grado de madurez de la tecnología en función de la autonomía que presente el automóvil, como podemos ver en la siguiente ilustración [SAE International, (2015)].

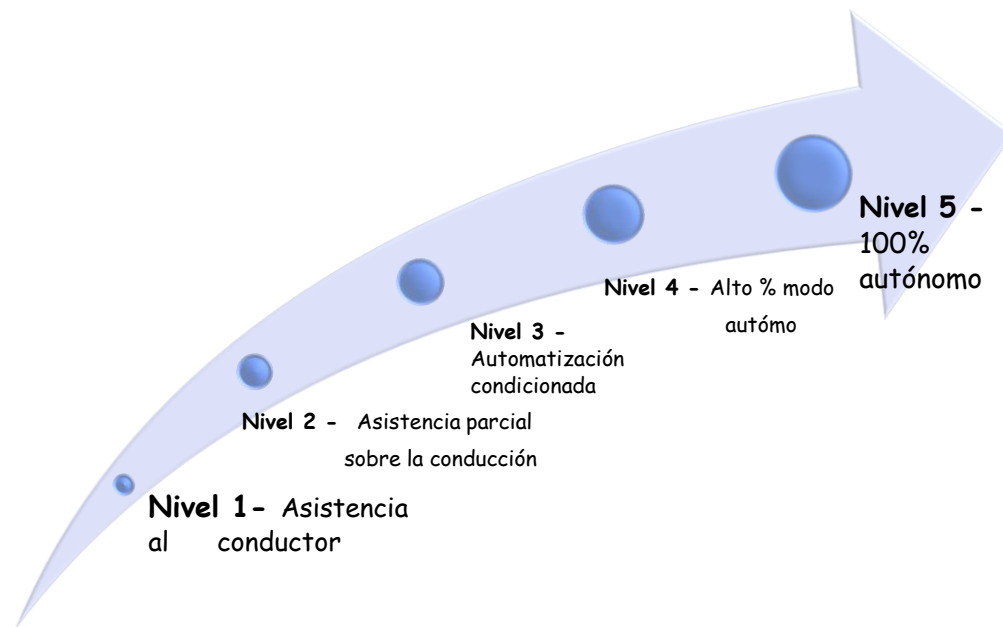


Ilustración 52. Niveles de madurez del vehículo autónomo. [Elaboración propia]

#### Vehículo autónomo

Acorde al capítulo en el que nos encontramos, centramos nuestro foco en las características más representativas que están marcando el futuro próximo del vehículo autónomo.

En la actualidad se estipula que varios modelos han alcanzado el nivel 3 de madurez y que existen altas probabilidades de alcanzar los grados 4 y 5 en 2025 [Díez, A. (2019)]. Al mismo tiempo que grandes empresas fuera de la



automoción están empezando a invertir en líneas de investigación sobre vehículos autónomos, siendo algunas de ellas: Amazon, Google, Nvidia, etc.

El coche autónomo se debe pensar como una obra de ingeniería a nivel de hardware y software, pues se busca que la tecnología consiga simular la conducta humana al 100%. Es por ello que la infraestructura hardware electro/electrónica ha de ser muy potente y a su vez ha de estar avalada por una estructura a nivel de software que coordine y gestione la parte inteligente del sistema. En un desglose, a muy alto nivel, podemos presentar el vehículo autónomo como un conjunto de:

- Sensores
- Algoritmos de procesado y toma de decisiones
- Actuadores

Para la correcta sincronización de estas tres partes, así como para simular el comportamiento del conductor por medio de la toma de decisiones en tiempo real, entra en juego la **Inteligencia Artificial (IA)**. Tecnología que ha logrado grandes progresos en los últimos años en sectores como la informática y la robótica. Aunque aún nos encontramos en una fase experimental, ya se han logrado sobrepasar grandes barreras a nivel de conducción autónoma gracias a la IA.

La Inteligencia Artificial se trata de un concepto que engloba toda tecnología que se pueda dotar de inteligencia. A diferencia de los progresos obtenidos hasta nuestros días, la Inteligencia Artificial no busca una inteligencia basada en un número de algoritmos dados, sino que se persigue la inteligencia como la percibimos a nivel cerebral, partiendo de unas bases, y que evoluciona y aprende en función de los estímulos que llegan desde el exterior, siendo capaz de acumular experiencia.

Las líneas de investigación más reconocidas en el campo de la inteligencia artificial son:

- ✓ Deep Learning (Aprendizaje profundo)
- ✓ Redes neuronales
- ✓ Visión artificial

Las líneas de investigación de la IA son muy diversas y no solo se centran en el mundo robótico. A continuación, se mencionan algunas de las tecnologías que en la actualidad ya están implementando la IA.

- Asistentes virtuales de voz
- Chat bots (chats inteligentes)
- Aplicaciones para la detección facial en móviles
- Aplicaciones de compra online
- Aspiradoras

#### 5.3.1.1.-Integración de la Inteligencia Artificial en el automóvil

En la integración de la IA en el automóvil, toma especial importancia el papel desarrollado por todo el conjunto de sus sensores. Se busca recrear de la forma más acertada el comportamiento de un conductor, por lo que cuanta más información del entorno se disponga, mejor se conseguirá recrear los estímulos a los que se ve sometido un conductor.

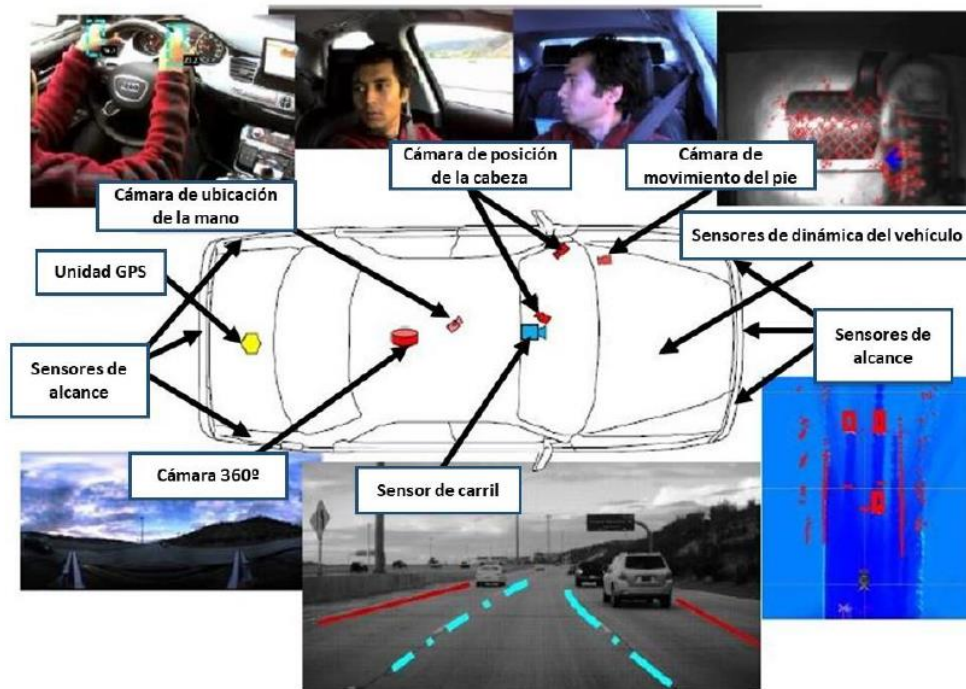
El abanico de sensores es bastante amplio, por lo que podemos diferenciar dos grandes grupos. El primer grupo ira encaminado a captar toda la información interna del automóvil recibiendo el nombre de **sensores propioceptivos** y, por otro lado, el segundo grupo cumple la funcionalidad de facilitar información del entorno recibiendo el nombre de **sensores exteroceptivos**, y entre los cuales podemos encontrar cámaras, ultrasonidos, sistemas RADAR, LIDAR, etc.

Todo este conjunto de electrónica no serviría de nada si no se cuenta con un cerebro electrónico que gestione toda esta información. Dentro de estas unidades de control se pretende implementar complejos algoritmos de **aprendizaje profundo**. Por medio del aprendizaje profundo se pretende entrenar al algoritmo en situaciones estratégicas, de forma que se obtenga una base robusta a partir de la cual el algoritmo sea capaz de gestionar su autoaprendizaje en cada situación que se le presente durante la conducción.

Es imposible entrenar al cerebro electrónico en cada una de las posibles situaciones ya que son innumerables. Sin embargo, si se encuentra un entrenamiento estratégico se conseguirá que el sistema de IA sepa adaptarse a cada situación que se le presente y no solo actuar de forma correcta, sino sacar un aprendizaje ante esta nueva situación a la que se ha enfrentado.

Otra de las vertientes que siguen las líneas de investigación de IA es la **interconectividad** entre vehículos, de forma que el aprendizaje pueda ser compartido y la experiencia obtenida ante una situación dada, pueda ser trasladada a otros modelos para reforzar sus algoritmos. En este caso nos

encontramos con la controversia de que esta interconectividad abre las puertas a una vulnerabilidad de la seguridad y a la ciberdelincuencia.



**Ilustración 53. Ejemplo de integración de la IA en sustitución al conductor.**  
Recuperado de [Garrosa, M. (2019)]

### 5.3.1.2.- Elementos electrónicos que marcarán el futuro del vehículo autónomo

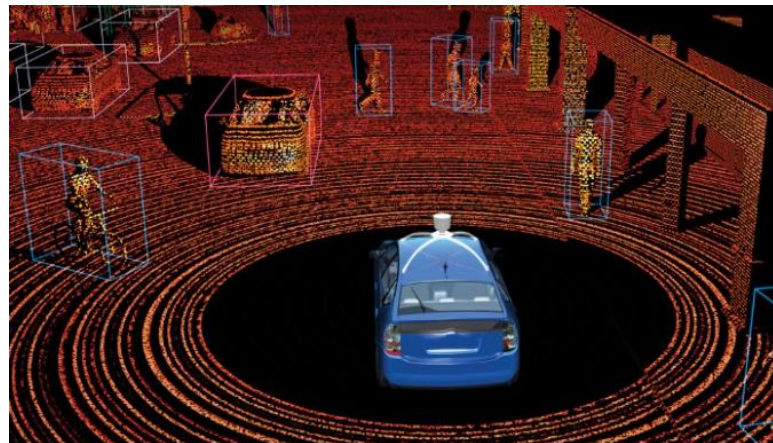
#### 5.3.1.2.1.-Sensores LIDAR

Se trata de un sensor laser cuyas siglas hacen referencia a “Light Detection and Ranging, detección y localización por luz”. Su funcionamiento se basa en la generación de haces de luz (laser infrarrojo), de tal forma que calcula la distancia al objeto en función del tiempo que tarda dicho haz de luz en ir, reflejar y volver hasta ser detectado por el sensor. Presenta una versión que abarca los 360° con la que se puede barrer una distancia similar a dos campos de fútbol alrededor del coche y obtener una nube de puntos para la posterior reconstrucción 3D del entorno [Valero, J. (2019)].

Estas características han sido la razón por la que muchos fabricantes están abriendo líneas de investigación a estos sistemas, pero cuenta con la desventaja de que presenta en la actualidad un coste bastante elevado, y por otro lado, rompe con la estética del automóvil, debido a que para obtener

rendimiento debería ir situado en el exterior del techo. Por eso mismo, la línea competitiva se centra en reducir sus dimensiones y su precio.

Uno de los proyectos que podemos encontrar apostando por la tecnología LIDAR como integrante del vehículo autónomo es el “Proyecto Voyage” [Cameron, O., (2017)].



**Ilustración 54. Reconstrucción de mapa 3D en base a las lecturas de un sensor LIDAR de 360 grados. Recuperado de [Voyage, (2017)]**

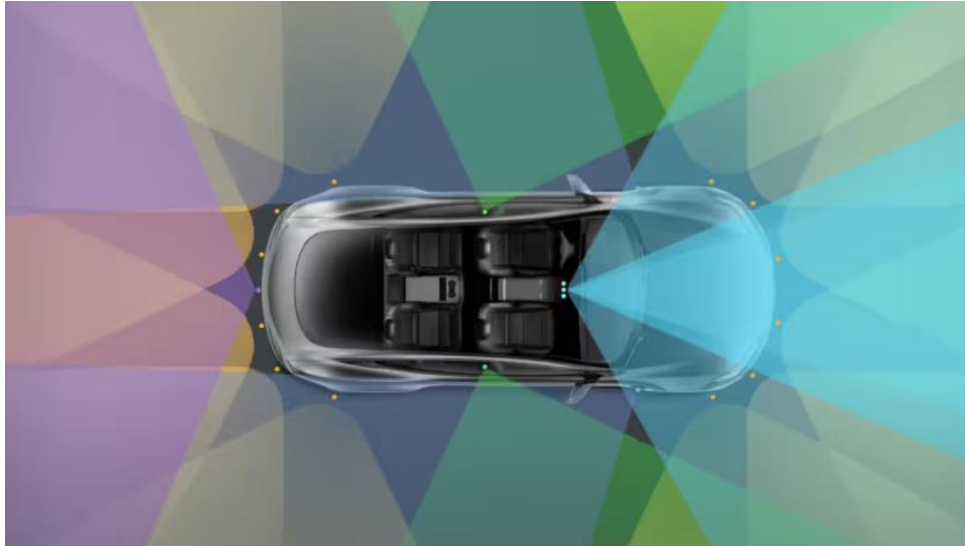
Como vemos en la ilustración anterior, la reconstrucción 3D engloba a los obstáculos dentro de un cubo, esto es debido a que pese a la eficacia del sensor la diferenciación de la forma exacta del obstáculo detectado no es precisa. Es por ello que en el sistema es común el uso de cámaras complementarias para obtener un mayor detalle en cuando a la forma del obstáculo.

#### 5.3.1.2.2.-Cámaras

En sustitución al sistema LIDAR muchos de los fabricantes han optado por la inclusión de cámaras, buscando llegar a obtener la misma funcionalidad.

Esto es debido a la gran diferencia que existe entre ambas tecnologías a nivel de presupuesto, y se acentúa por el gran progreso al que se ve sujeto el campo de la visión artificial en los últimos años. Otro de los grandes alicientes es la facilidad de integrar cámaras sin modificar la estética del automóvil. Tal es así, que fabricantes como Tesla prefieren hacer uso de la tecnología basada en cámaras, como es el caso del sistema Autopilot, basado en 8 cámaras

repartidas de forma estratégica para conseguir visualizar todo el entorno que rodea al vehículo, llegando hasta los 250m [TESLA, 2021].



**Ilustración 55. Rango de alcance del dispositivo Autopilot. Recuperado de TESLA, (2021)]**

#### 5.3.1.2.3.- Sensores RADAR

Como su propio nombre expresa, RADAR es “Radio Detection and Ranging, Detección y Localización por Radio” emite ondas de radiofrecuencia y calcula la distancia y ángulo del objeto en función del tiempo que tarda en reflejarse y volver a ser detectada por el sensor.

Se pueden diferenciar radares de corto alcance (aproximadamente 30m) trabajando a reducida velocidad o bien radares de largo alcance (aproximadamente 200m) que trabajan a alta velocidad. Pese a que gracias a la funcionalidad de los radares podemos obtener datos como distancia, velocidad y tamaño, las líneas de investigación persiguen integrar una banda de alta frecuencia cercana a 100GHz (frente a la actual de 27-77GHz) para una obtención de información más precisa, al igual que se busca aligerar dimensiones y costes [Valero, J. (2019)].

#### 5.3.1.2.4.- Sensores de ultrasonido:

Este tipo de sensores complementan a los dispositivos LIDAR y RADAR. Su eficacia se fundamenta en medir la distancia por medio de la reflexión de ondas de sonido, cuya frecuencia es tan alta que no son perceptibles por el oído humano. En la actualidad los fabricantes hacen uso de ellos para aplicaciones de corto alcance, como pueden ser las de asistencia al aparcar. El fabricante Tesla engloba en algunos diseños un número de hasta 12 sensores ultrasónicos de largo alcance, abarcando los 360 grados, para obtener una mayor fiabilidad ante la detección de obstáculos en los alrededores del coche [Valero, J. (2019)].

El inconveniente de este tipo de sensores es que, aunque son muy precisos a bajas velocidades y corto alcance, con el aumento de la distancia se reduce su precisión.

#### 5.3.1.2.5.- GPS (Global Positioning System, Sistema de Posicionamiento Global)

Sistema por el cual se permite conocer la ubicación del elemento que lo lleva integrado. Esto se consigue gracias al sistema de geolocalización por satélite.

Con vistas al futuro del automóvil autónomo se prevé que ganen importancia y funcionalidades. Una de las tendencias es a fusionar el GPS con la Unidad de Medición Inercial (**IMU**); la cual funciona gracias a un acelerómetro y giroscopio, consiguiendo controlar la orientación, dirección de desplazamiento y velocidad del automóvil. De tal forma ante un fallo en la conexión GPS, el sistema de control aún dispone de la información facilitada por la IMU [Valero, J. (2019)].

#### 5.3.1.2.6.- Sistema de control (cerebro electrónico)

Aunque hemos visto el gran papel que asumen los sensores en el camino hacia la conducción autónoma, la verdadera inteligencia de la IA se encuentra en los complejos algoritmos que dan soporte al aprendizaje profundo. Esta algoritmia tiene lugar en el conjunto de ECU, las cuales han de ser mucho más robustas y potentes a las presentadas en el capítulo anterior para poder interpretar sin errores todos los estímulos que los sensores envían y poder tomar decisiones exentas de peligro para dirigir a todo el conjunto de actuadores encargados de la movilidad del automóvil.

### 5.3.1.3.- Sistema Autopilot (TESLA)

Este sistema desarrollado por el fabricante puntero en los vehículos eléctricos y futuros autónomos ha conseguido combinar varios de los sensores mencionados en el apartado 5.3.1.2, sacando el máximo partido de cada uno. Siendo el sistema Autopilot formado por un conjunto de 8 cámaras, 12 sensores ultrasónicos y un radar delantero capaz de atravesar niebla, lluvia, polvo y nieve, gracias a su longitud de onda. Se consigue de esta forma una visión del entorno mucho más precisa de la que cualquier conductor pudiese apreciar. Gracias a que abarca un rango de 360 grados, se obtiene un conocimiento de todo lo que sucede alrededor del automóvil.

Para poder procesar toda esta información, Tesla incluye una unidad de control que cuenta con una velocidad de procesamiento 40 veces superior a su modelo anterior, para así poder ejecutar la nueva red neuronal desarrollada por el fabricante.



Ilustración 56. Captura del video de presentación del sistema Autopilot de Tesla. Recuperado de [TESLA, (2021)]

## 5.4.- Conclusiones del capítulo

Como hemos podido observar a lo largo del capítulo, la tendencia actual y el futuro más próximo se encamina hacia la completa sustitución del vehículo

actual, funcionando por combustibles fósiles, por vehículos eléctricos y autónomos.

Aunque el vehículo eléctrico lidere las líneas de investigación y ya existan modelos en el mercado, es necesario una infraestructura que facilite y garantice el abastecimiento de la energía requerida para la circulación del automóvil eléctrico, igual que lo hacen la red de gasolineras con los vehículos de combustible fósil. Aunque en España dicha infraestructura se encuentra en expansión, se aleja en gran medida de la media en Europa.

En cuanto al vehículo autónomo, presenta una revolución no muy lejana en el tiempo. Esto se debe a que ante el cambio de paradigma a un coche 100% eléctrico/electrónico, abre las puertas del mercado a nuevos competidores. Ciertamente es que los fabricantes actuales cuentan con su avalada experiencia en cuanto a diseño de automóviles, pero muchas empresas del sector electrónico cuentan con una gran experiencia en sectores como el de la IA, pudiendo marcar la diferencia. Tal es así, que empresas de fuera del sector de la automoción ya han empezado a apostar por el vehículo autónomo, como pueden ser Amazon, Google, Nvidia, etc.

El hecho de invertir en las nuevas tecnologías integradas en el vehículo eléctrico y autónomo, no solo se centra en el modelo final que compra el usuario. Esta transición tiene repercusión en todos los niveles de la sociedad.

La llegada del vehículo autónomo, ligado a las nuevas tecnologías, se verá involucrado en una revolución a gran escala que podemos comparar con la llegada de internet. Donde la tecnología será una vez más una protagonista importante. A su vez, el sector del automóvil se verá globalizado, ya que se requerirán conocimientos de todos los grandes sectores que lideran el sector de las nuevas tecnologías, para poder llevar a cabo un vehículo autónomo en su más alto grado de madurez.



## 6.- Análisis global del cambio de paradigma

### 6.1.- Análisis ético

En la historia de la humanidad, siempre que nuevas tecnologías, en sus respectivas épocas, empezaron a ofrecer resultados positivos, se generan debates éticos alrededor del empleo de dichas tecnologías a nivel social.

En cuando a dicho debate acerca de las nuevas tecnologías emergentes en el sector del automóvil, el debate se centra en los grados más altos de la autonomía de los propios vehículos, siendo los más destacados:

- Situaciones de accidentes inevitables.
- Consecuencias laborales.

#### 6.1.1.- Situaciones de accidentes inevitables

Es innegable que por mucho que progrese la tecnología en el sector de la automoción, evitar el 100% de los accidentes es imposible, ya que siempre se pueden dar condicionantes imprevisibles que pueden dar lugar a un accidente.

Ante esta evidencia se plantea el debate social de si delegamos el 100% del control del automóvil al propio vehículo, qué pasaría en una situación previa a un accidente con víctimas mortales. Al derivar toda la toma de decisiones frente a la conducción y a la algoritmia ya a la inteligencia artificial (IA), se cuestiona la toma de decisiones correctas. El ejemplo que mejor representa este debate es la situación de un atropello a un peatón, o grupo de peatones, dónde en función de la decisión tomada por la IA pueden salvarse los ocupantes del vehículo o los peatones. De forma que se cuestiona cuál es la decisión más ética (en caso de no poder salvar todas las vidas) a tomar por la algoritmia del automóvil de si salvar a los ocupantes del vehículo, a los peatones o prevalecer el proteger al número máximo de víctimas, de forma que, si el peatón es solo 1 y los ocupantes 5, salvar a los ocupantes o viceversa. A su vez se cuestiona la responsabilidad sobre dicho accidente mortal, debido a que el dueño del vehículo no presenta control sobre el automóvil, de forma que se pone el posible foco de responsabilidad en los fabricantes o incluso en los diseñadores y programadores de la algoritmia que sustenta la base de la IA.

### 6.1.2.- Consecuencias laborales

Otra de las cuestiones que generan mayor debate ético son las consecuencias laborales que se presentan ante la llegada del vehículo autónomo sin conductor. El número de trabajadores conductores es muy elevado, en el sector en España. De hecho, se estima que hay alrededor de 135000 vehículos dedicados al transporte de mercancías y 46000 taxis, a los cuales deberíamos añadir a los conductores de ambulancias, autobuses, pequeñas empresas repartidores a domicilio. Al mismo tiempo encontramos empresas que se han creado centrándose en la propia conducción, entre las que se encuentran Uber y Cabify, dando servicio a sectores como el de la alimentación o el transporte de personas y que cada día cuentan con más conductores.

Si bien es cierto que no son despreciables los datos que se arrojan de los puestos de trabajo que se pueden perder, también se crearían otros puestos más especializados en la economía emergente de las nuevas tecnologías, y su aplicación para el transporte de personas. Esto genera un segundo debate, que se centra en la oportunidad que supone un nuevo perfil profesional en el mercado laboral, reciclado de su experiencia conductora para poder trabajar en este sector desarrollando nuevas capacidades para los nuevos servicios de conducción autónoma.

### 6.2.- Seguridad vial

En términos de seguridad vial, los sistemas electrónicos han repercutido de manera positiva, ya que como hemos analizado, muchos de los sistemas electrónicos se han centrado en proporcionar una conducción más segura y cómoda.

Numerosos estudios en las últimas décadas han demostrado que la mayoría de los accidentes son debidos errores humanos. La electrónica y en especial el vehículo autónomo se presenta como la solución a esta problemática, buscando eliminar el factor humano de la toma de decisiones en la conducción.

Los sistemas electrónicos no se ven expuestos al cansancio, distracciones o diversos condicionantes que pueden reducir la atención del conductor al volante.

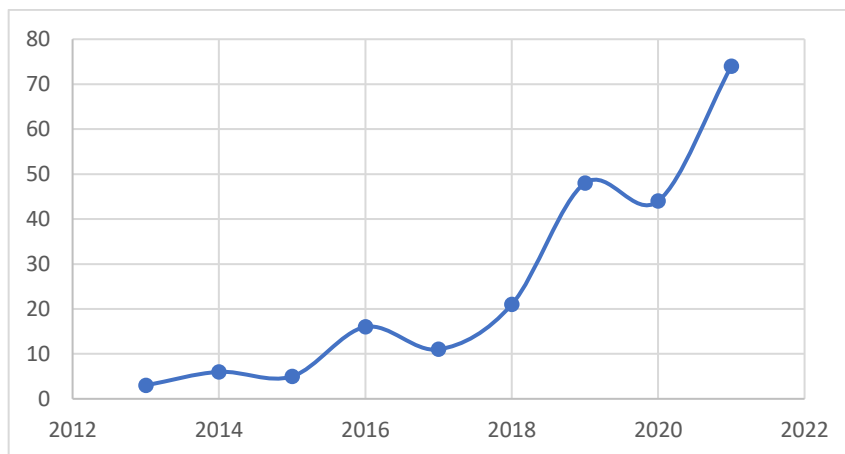
La inteligencia artificial es la herramienta clave para la sustitución del conductor al 100% y se está viendo involucrada en un proceso acelerado de evolución. Pero, a pesar de la evolución de la IA, para poder garantizar una máxima seguridad vial (asumiendo que eliminar el 100% de los accidentes es

imposible), se requiere de una adopción masiva del vehículo autónomo y de un grado de madurez muy elevado en la inteligencia artificial, que sea capaz de actuar y prevenir al máximo accidentes, o situaciones de peligro, donde se vean involucrados vehículos no automatizados frente a vehículos automatizados.

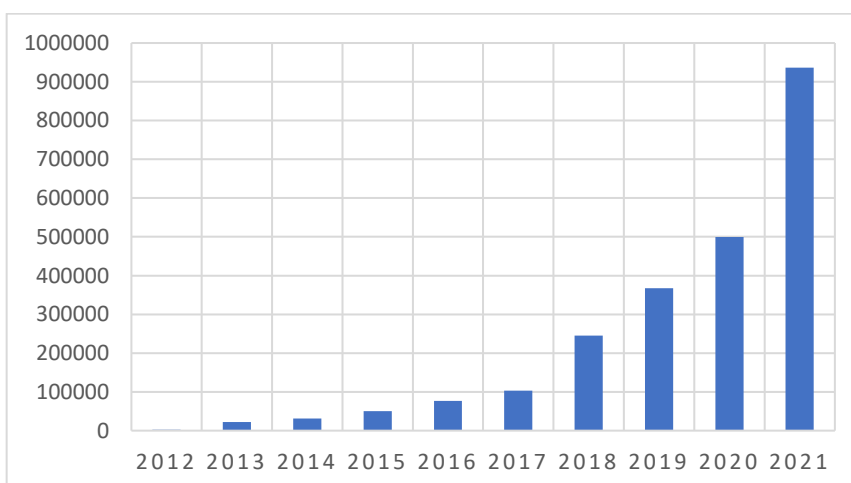
El paso previo a la adopción masiva de las nuevas tecnologías y el vehículo autónomo requiere de un consorcio común de todos los fabricantes para fijar unas bases, reguladas por organismos del estado, de cara a la algoritmia. La base de este consorcio común se fundamenta en el debate ético que se ha presentado frente a la situación de un posible accidente en el que se ven involucrados peatones. Los fundamentos éticos que sean la base para la algoritmia deberán estar generados, revisados y aprobados en instancias de organismos oficiales para tal fin. Se precisa que los algoritmos de la IA en estas situaciones de riesgo se fundamenten en las mismas bases en todo el mercado automovilístico. Ya que, de no ser así, se derivaría en estrategias comerciales en la que los vendedores priorizarían la seguridad de los ocupantes y del vehículo ante todo para garantizarse el máximo número de ventas posibles.

Los precedentes de las últimas décadas evidencian del aumento de la seguridad vial gracias a las nuevas tecnologías. A pesar de ello, en las siguientes dos imágenes podemos ver cómo el número de fallecidos por accidentes en los que se han visto involucrados modelos TESLA, se han visto incrementados con la evolución de la venta de modelos del fabricante. Aunque el número de fallecidos nos es despreciables, pues nunca lo es, es cierto que, frente al incremento de las ventas, se pueden considerar cifras reducidas.

En las investigaciones de estos accidentes se llegó a la conclusión de que el mayor porcentaje de accidentes era a consecuencia de fallos del conductor, puesto que, aunque TESLA apuesta por el vehículo autónomo y cuenta con resultados prometedores, su sistema Autopilot aún requiere de interacciones del conductor, como puede ser el tener las manos en el volante. Este sistema ha sido puesto a prueba por numerosos conductores que lo probaron buscando engañar al sistema y conducir sin ellos tocar el volante o incluso sin estar en la posición del conductor, provocando algunas de estas prácticas en accidentes.



**Ilustración 57. Fallecimientos por accidentes en los que se han visto involucrados modelos TESLA [Elaboración propia]**



**Ilustración 58. Evolución de las ventas de modelos TESLA [Elaboración propia]**

### 6.3.- Análisis de la evolución de la electrónica en los sectores de producción y reparación del automóvil

#### 6.3.1.- Fabricantes de automóviles

La inclusión de la electrónica y las nuevas tecnologías en la automoción ha supuesto un gran reto ya que el sector se ha visto sometido a un proceso acelerado de aprendizaje en un ámbito al cual no estaba especializado. Por primera vez en la historia del automóvil los fabricantes han visto peligrar sus negocios debido a que grandes productores del sector electrónico contaban con una experiencia muy superior a la suya y con los medios necesarios para poder llevarlo a la práctica.

Ante esta situación el sector de componentes ha sido el intermediario clave para grandes alianzas y colaboraciones entre ambos sectores, gracias a las cuales se han conseguido, y se siguen consiguiendo, los grandes avances que podemos experimentar en nuestros automóviles.

Una vez asentado la fusión de ambos sectores, se ha vivido una carrera a nivel comercial en la que se buscaba lograr un elevado número de ventas y captar el máximo número de clientes posibles. Para ellos los sistemas electrónicos que dotan de confort y modernidad a los automóviles han sido clave, como son las tarjetas de encendido sin necesidad de introducir la llave, control del vehículo por aplicaciones móviles y la alta interconectividad, además de los sistemas ya presentados en los capítulos 4 y 5.

Este acelerado avance, unido a la gran aceptación que los fabricantes han percibido del usuario final, ha llevado a no cuidar una parte muy importante de esta tecnología, como es la ciberseguridad. Este hándicap ha dado una ventaja significativa a la ciberdelincuencia y al hackeo de los automóviles.

Uno de los primeros casos que más repercusión ha tenido, ha sido el caso en el que un grupo de hackers consiguieron tomar el control a distancia de un vehículo de Jeep, dejando sin control sobre la conducción al conductor. En los últimos años esta serie de ataques se han visto incrementados, especialmente con fines delictivos como es el robo de vehículos de alta gama.

Esta situación ha hecho que muchos fabricantes intentasen ocultar estas noticias frente a las pérdidas que pueden generar este tipo de sucesos en las ventas de sus vehículos. En cambio, otros han decidido asumir los errores e intentar aumentar la seguridad de sus modelos con ayudas de empresas especializadas como es el caso de EUROCYBCAR (European cybersecurity test for vehicles), especializada en ciberseguridad del automóvil, cuya sede se ubica en Vitoria-Gasteiz (España) y trabajando a nivel global.

El fabricante TESLA tiene el objetivo de ser el fabricante de automóviles más seguros del sector y para ello ofrece grandes recompensas a quien encuentre fallos de ciberseguridad en sus modelos. De hecho, llega al punto de cooperar con la organización ZDI (Zero Day Initiative), en el concurso Pwn2Own 2020 (organizado por ZDI) y en el cual ofrecía grandes sumas de dinero (llegando a los 700.000\$) y uno de sus modelos Tesla Model 3 a quien fuese capaz de hackear dicho modelo.

Zero Day Initiative se trata de una organización que busca dotar de un beneficio económico a todos aquellos investigadores que encuentran fallos en el sector de la ciberseguridad a modelos de las grandes industrias. Uno de sus actos más representativos es la Competición Pwn2Own en la que participan grandes empresas mundiales como es el caso de TESLA y Microsoft.

### 6.3.2.- Talleres de reparación

Los talleres de reparación son unos de los más afectados dentro del sector del automóvil. Esto se debe a que el aumento de los sistemas electrónicos hace imprescindibles nuevas máquinas y potentes ordenadores para poder realizar la diagnosis y las consecuentes programaciones o reprogramaciones, en caso de exigirlo la reparación.

La inversión que se han visto obligados a realizar los talleres no es pequeña. Esto en gran medida es repercusión directa a la alta competencia de mercado que se ha vivido entre los fabricantes de automóviles en las últimas décadas. Cada progreso tecnológico de un fabricante le podía ofrecer una gran ventaja sobre la competencia, esto lleva a que los conocimientos adquiridos por las grandes marcas han sido ocultados a fin de obtener la máxima exclusividad en el mercado. A raíz de esta confidencialidad, los talleres de reparación no solo se han visto obligados a invertir en las nuevas herramientas, sino que se han visto obligados a invertir en formaciones, para adquirir los conocimientos necesarios y poder seguir prestando servicio a sus clientes. La gran evolución electrónica unida a la confidencialidad de los fabricantes ha llevado a que sea muy difícil encontrar una formación precisa y especializada en el sector, dificultando la adquisición de conocimientos. Antes esta situación, las nuevas tecnologías presentan soluciones con aplicaciones y herramientas sofisticadas que facilitan el trabajo a los mecánicos, pero con una inversión y costes elevado.

### 6.4.- Análisis de la evolución electrónica a nivel usuario

Cabe destacar que el usuario final es quien da valor a todo el sector del automóvil, ya que el objetivo de los fabricantes es poder llegar al mayor número posible de usuarios, de forma que compren sus modelos y obtener el máximo beneficio. Partiendo de esta premisa, analizaremos como ha repercutido la evolución de la electrónica a nivel usuario centrándonos en los siguientes aspectos:

- Manejo del vehículo
- Mantenimiento
- Reparación

#### 6.4.1.- Manejo del vehículo

El rango de clientes con el que cuenta el sector del automóvil es muy diversificado, ya que hay usuarios para los que el automóvil solo es un medio de transporte con el que llegar a su destino, otro porcentaje para los que el automóvil pasa a ser uno de sus mayores aficiones y buscan disfrutar de la conducción y las prestaciones del mismo. Dónde para unos es un utilitario o representa una afición, un elevado número de usuarios dependen directamente de vehículos, ya sean propios o formen parte de la flota de una empresa, para el desarrollo de sus actividades laborales.

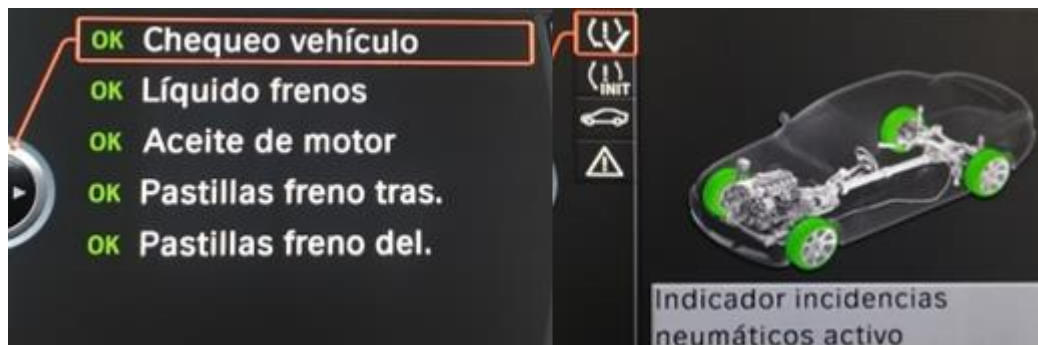
A pesar de las diferencias, sistemas que contribuyen al confort y la comodidad de conducción son valorados por toda la red de usuarios. Dato que conocen los fabricantes y lo utilizan como estrategia comercial. Sin duda el manejo del automóvil ha sido el aspecto más beneficiado por la evolución de la electrónica, consiguiendo una mejora en la conducción muy notoria en las últimas 2 décadas gracias a sistemas como el control de la velocidad, asistentes a la conducción como el control de carril, asientos calefactables, mejora en los equipos de sonido, sistemas de dirección asistida más sofisticados que facilitan el control del vehículo, conexión bluetooth, inclusión de navegadores, modos de conducción (Eco, Confort, Sport), control de tracción, etc. Todas estas funcionalidades, junto con una reducción de los consumos y un aumento de los sistemas de seguridad, han conseguido que los usuarios tengan un grado bastante elevado de satisfacción en cuanto a términos de conducción se refiere.

#### 6.4.2.- Mantenimiento del vehículo

En cuando a la evolución de la electrónica en el automóvil enfocada en el mantenimiento, ha seguido las líneas de mantenimiento preventivo. De forma que se evita al usuario la preocupación del chequeo y control de fechas o kilometraje para proceder a realizar el mantenimiento. En la mayoría de los casos los avisos de mantenimiento o avería se realizan por medio de una serie de símbolos o mensajes que se iluminan en el cuadro como podemos observar en la **ilustración 59**, pero algunos modelos instalan una interface con la que el usuario puede consultar el estado de su vehículo, como vemos en la **ilustración 60**.



**Ilustración 59. Testigos de avería de frenado en Renault Laguna II  
[Elaboración propia]**



**Ilustración 60. Interface de estado del vehículo en modelo BMW 320d  
[Elaboración propia]**

En cuanto al precio del mantenimiento, se ha visto incrementado debido a que, como ya hemos expuesto en el capítulo 4, el incremento de sistemas electrónicos ha llevado consigo una reducción del espacio en el automóvil, derivando en que los tiempos de mano de obra aumenten en los mantenimientos, por la complejidad de sustitución de los recambios. Otro de los causantes de este aumento de precio es, como ya hemos mencionado, por las inversiones que se han visto obligados a realizar los talleres en maquinaria de diagnóstico y que acaba repercutiendo sobre el precio al usuario del servicio de mantenimiento.

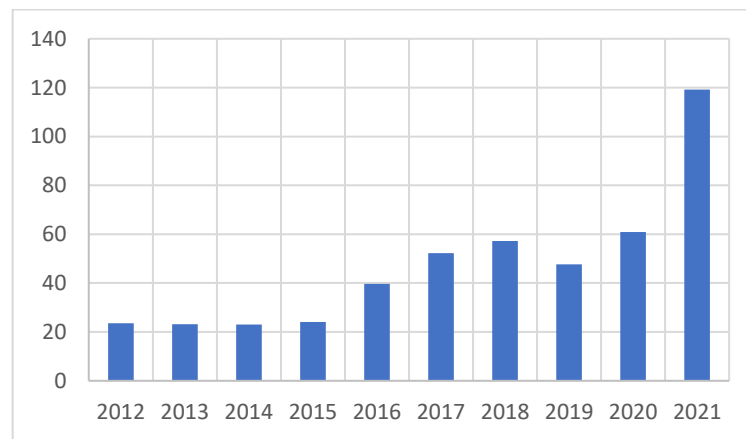
#### 6.4.2.1.- Percepción del vehículo eléctrico

Una de las cualidades que más valora el usuario final de cara al vehículo eléctrico es precisamente el mantenimiento diario, así como la comodidad y presupuesto del mismo. Uno de los detalles que más valoran y que a la vez es uno de los limitantes es la facilidad de carga ya que como vimos en el punto 5.2.3 la red de cargadores a nivel nacional aún tiene mucho que progresar y por otro lado si el usuario quiere instalar un punto de carga en su domicilio, supone un presupuesto añadido que puede llegar a superar los 1000€. Por otro lado, como vemos en la siguiente ilustración, el precio de la electricidad no ha parado de subir en los últimos años, llegando a máximos históricos en 2021.



A pesar de que el combustible fósil también ha incrementado su precio en los últimos años, el usuario no lo percibe de la misma manera, ya que la historia ha demostrado que el combustible fósil genera un buen rendimiento en el automóvil. Cuando hablamos de nuevas tecnologías, como es el coche eléctrico, todo coste añadido es percibido a mayor escala por el usuario debido a que al ser una línea de mercado emergente y con buenos resultados, aún es necesario un periodo de adaptación que haga ver al usuario ese presupuesto añadido de forma generalizada en base a las prestaciones en el día a día que le puede ofrecer.

Para seguir apoyando el coche eléctrico, en el año 2014 se publica el Real Decreto 1053/2014 para que las nuevas edificaciones cuenten con una infraestructura que facilite la instalación de puntos de recarga.



**Ilustración 61. Evolución del precio de la electricidad (€/MW) en España.**  
[Elaboración propia]

#### 6.4.3.- Reparación del vehículo

El usuario ha visto repercutido de manera directa la inclusión de la electrónica en el presupuesto de las reparaciones que tiene que afrontar a lo largo de la vida de su vehículo.

Si bien es cierto que la inclusión de la electrónica en el sector del automóvil ha destacado por alcanzar una considerada fiabilidad en cuanto a la duración de su vida útil y al número de fallos. A pesar de ello, la distribución de piezas dentro del automóvil se ha convertido en una verdadera obra de ingeniería de cara a su construcción, pero que dificulta el acceso a la sustitución de las piezas, repercutiendo en el cliente sobre un aumento de la mano de obra necesaria, la cual, como ya adelantamos con anterioridad también se ha visto incrementada

debido a las inversiones que se han visto obligados a realizar los talleres de reparación.

Una de las averías de mayor presupuesto que podemos encontrar a nivel electrónico en el automóvil es el fallo de la unidad de control del motor, la cual puede llegar a suponer un presupuesto que oscila entre 300 y 1.300 euros, en función del modelo si se tiene que sustituir. Por suerte como ya presentamos en el capítulo 4, las unidades de control se han visto sometidas en un constante y acelerado proceso de evolución, llegando a nuestros días las últimas generaciones de ECU que permiten la reprogramación y esto supone la posibilidad (si su circuito interno no está dañado) de reprogramarla, y que el presupuesto de la reparación pueda suponer una reducción de hasta el 50%.

Por norma general las averías a nivel de electrónica que más se suceden son fallos en sensores. En la siguiente tabla podemos ver que los precios de los sensores no son muy elevados (aunque este variará en función de la gama y modelo del vehículo), pero el presupuesto de la reparación se ve incrementado de manera notoria, en algunos casos, por la dificultad de acceso al sensor, repercutiendo en un aumento de mano de obra.

Tipo de sensor	Precio
Sensor de velocidad	41.80€
Generador de impulsos de cigüeñal	17.70€
Sensor temperatura refrigerante	18.40€
Sensor revoluciones, caja automática	35.90€
Conmutador de accionamiento de embrague	15.30€
Sonda Lambda	58.60€
Sensores de estacionamiento	13.50€

**Tabla 9. Precio de algunos sensores del modelo Renault Laguna II**  
[Elaboración propia]

## 6.5.- Análisis de un caso práctico

En análisis que se va a realizar a continuación está basado en un caso práctico con el que se pretende reforzar y ejemplificar el objetivo principal de este TFG sobre la inclusión de la electrónica en el automóvil. Para ello se van a analizar los siguientes aspectos.

- Fiabilidad de los sistemas electrónicos
- Alcance de la información facilitada por los sensores
- Conectividad y ciberseguridad

### 6.5.1.- Fiabilidad de los sistemas electrónicos

Uno de los grandes logros que se ha conseguido en el sector de la automoción, cuando nos centramos en el apartado de sistemas electrónicos, es la fiabilidad y resistencia a la que se ha llegado en su diseño, de forma que su vida útil es bastante amplia para las condiciones a las que se ven sometidos dentro del automóvil.

Para dejar constancia de ello en este análisis hemos realizado un examen de diagnóstico a un modelo Renault Laguna del año 2001, cuyas imágenes se presentan en los siguientes apartados. Con este análisis se demuestra que ya en el año 2001, algunos modelos presentaban un porcentaje de electrónica bastante elevado y que 20 años después sigue funcionando.

También se ha realizado un test en el cual se ha puesto a prueba el sistema de sensores de proximidad de un modelo BMW del año 2012 para poder observar en su interface el alcance que se puede obtener con un sistema de 4 sensores. Viendo el alcance de este sistema, ya en el año 2012, junto con todas las líneas de investigación y nuevos sistemas presentados en el capítulo 5, indican un futuro del automóvil encabezado por las nuevas tecnologías.



**Ilustración 62. Alcance sensores de proximidad modelo BMW 320d, año 2012**  
[Elaboración propia]

## 6.5.2.- Alcance de la información facilitada por los sensores

En este apartado se pretende demostrar el alcance de la información que nos pueden reportar el conjunto de sensores distribuidos por el automóvil. Para ello se ha utilizado una interface de diagnóstico por medio de una aplicación móvil a través del puerto OBDII del vehículo Renault Laguna II, modelo del año 2001.

En las dos imágenes siguientes podemos observar algunas de las lecturas que nos reportan los lectores como son la presión del colector de admisión (intake manifold absolute pressure), temperatura de refrigerante (engine coolant temperature), temperatura del aire en la admisión (intake air temperature), etc. Cabe destacar el dato "Throttle position", haciendo referencia a la posición del acelerador y que se facilita en porcentaje y que si nos fijamos en la **ilustración 66** el porcentaje ha variado, debido a que el análisis se ha realizado con el vehículo en marcha. Como ya mencionamos en el capítulo 4, el acelerador electrónico es uno de los sistemas Drive by Wire más desarrollado.

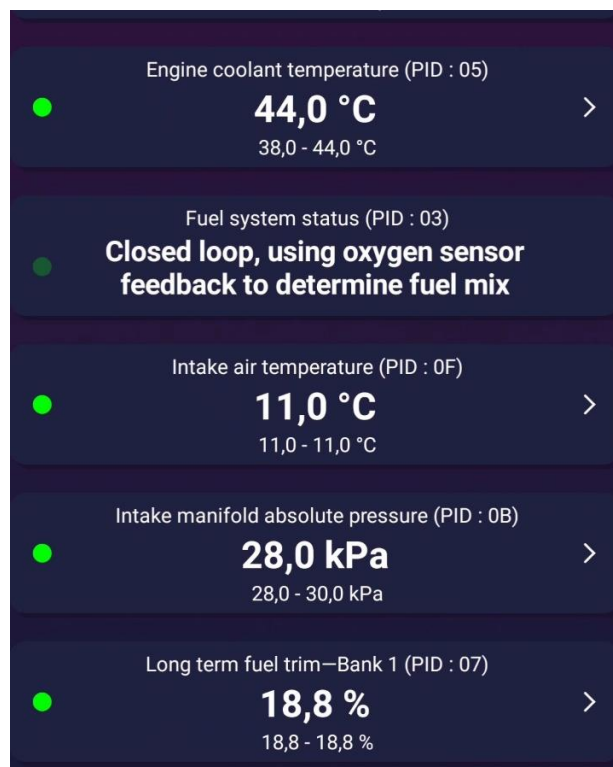
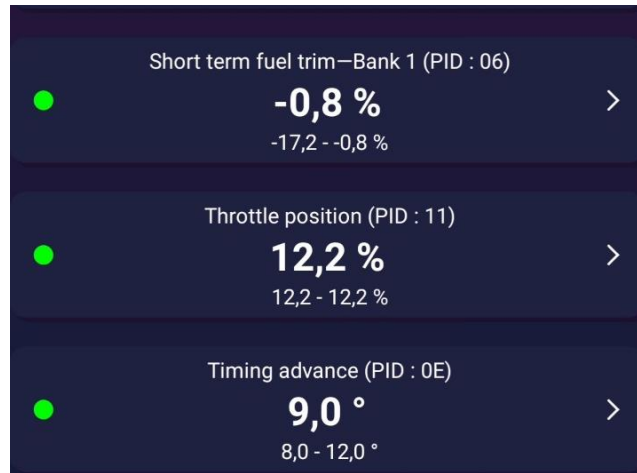


Ilustración 63. Lectura de sensores en prueba de diagnóstico de modelo Renault Laguna II [Elaboración propia]



**Ilustración 64.** Lectura en la que podemos ver la posición en la que se encuentra el acelerador (Renault Laguna II) [Elaboración propia]

En las siguientes dos imágenes vemos como la aplicación de diagnóstico no da la posibilidad de tener una interface actuando en tiempo real como la que traen los coches mas modernos, pudiendo reportar hasta gráficas en tiempo real de la presión de carga del motor y las revoluciones. Todo ello con las lecturas que reporta todo el conjunto de sensores por medio del la toma OBDII en un coche del año 2001.



**Ilustración 65.** Interface con lecturas a tiempo real durante la conducción de un modelo Renault Laguna II. [Elaboración propia]



Ilustración 66. Gráficas en tiempo real durante la conducción del modelo Renault Laguna II [Elaboración propia]

### 6.5.3.- Conectividad y ciberseguridad

Ya hemos presentado como las barreras superadas por la progresión de la electrónica en el automóvil han llegado a unos niveles de conectividad bastante elevados, aunque con ello unos riesgos a nivel de ciberseguridad implícitos.

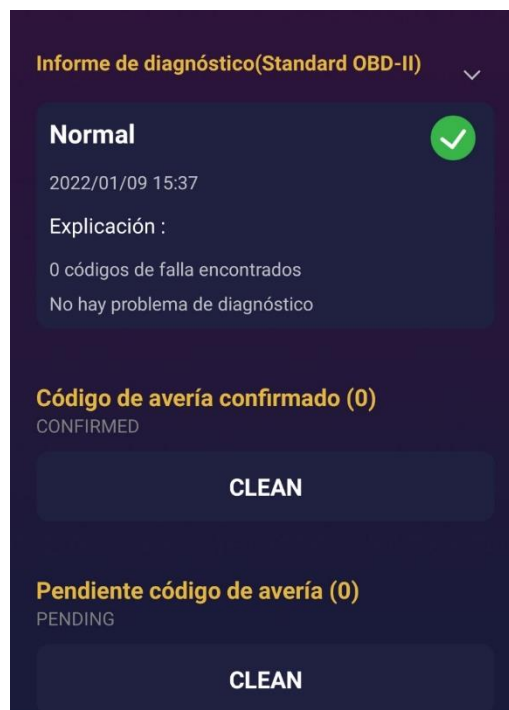
En la siguiente ilustración podemos ver el dispositivo bluetooth ELM 327 con el cual se han realizado las lecturas del automóvil. Este dispositivo transmite por señal bluetooth de forma que, con ayuda de una aplicación, hemos podido realizar el análisis de las lecturas con un teléfono móvil.



Ilustración 67. Interface ELM 327 para diagnóstico de vehículos [Elaboración propia]

Con este caso práctico se demuestra cómo se puede conectar sin necesidad de un cable físico el vehículo, y realizar lecturas de un gran número de los sensores con los que cuenta el vehículo en su interior.

Como hemos comentado anteriormente, se ha de contar con un conocimiento elevado de la tecnología para poder tratar con los sistemas electrónicos del automóvil. A pesar de ello, el peligro ante las vulnerabilidades de la ciberseguridad existe, habiendo demostrado que con una aplicación móvil y sin un elevado conocimiento, en cuanto a programación de sistemas electrónicos, se ha logrado una lectura bastante amplia de parámetros clave en el funcionamiento del automóvil, llegando incluso a poder borrar ciertos fallos (si los hubiese) como podemos ver en la siguiente ilustración.



**Ilustración 68. Informe de resultados tras el examen de diagnosis a un modelo Renault Laguna II [Elaboración propia]**

Este tipo de dispositivos ha desarrollado un mercado paralelo al del automóvil, debido a que con aplicaciones de pago y con los conocimientos adecuados se pueden llegar a modificar parámetros importantes del automóvil. De esta forma, lamentablemente la ciberdelincuencia se aprovecha de estas debilidades para casos como robos de vehículos de alta gamma o modificaciones de potencia por medio de reprogramación de la ECU, entre otros delitos.





## 7.- Enfoque económico

### 7.1 Introducción al capítulo

Tras el análisis realizado en el capítulo 2, se constata que el sector del automóvil se ha convertido en uno de los pilares socioeconómicos más importantes, así como que su progresión va de la mano con las nuevas tecnologías y la situación social de cada momento.

A lo largo de su historia, y más concretamente en las últimas décadas, la industria del automóvil se ha visto involucrada en una serie de progresos tanto a nivel tecnológico como económico. En cuanto la economía, las tendencias que han ido marcando el mercado en las diferentes épocas, han obligado a los fabricantes de automóviles a modificar sus estrategias económicas para ir en consonancia a las exigencias de cada momento.

Como ya adelantamos en los capítulos 4 y 5, la tenencia de mercado conduce al sector del automóvil hacia el vehículo eléctrico y autónomo, pero para ello, el sector requiere una infraestructura económica sólida que posibilite esta transición. A lo largo de este capítulo, analizaremos algunas de las características a nivel económico que más repercusión tienen en esta transición y sus consecuencias.

### 7.2- Primeros cambios en la tendencia de mercado en el sector del automóvil

En el año 2015, tiene lugar un suceso que se considera como el punto de inflexión hacia la transición de las nuevas tendencias del sector de la automoción, se trata de la crisis sufrida por el fabricante Volkswagen con los motores diésel. La cual generó una desconfianza generalizada hacia este tipo de combustible y que cambió gran parte del paradigma del sector y que se vio acelerado ante la aparición de nuevas restricciones al combustible diésel.

En paralelo a esta crisis, en 2016 EEUU presenta una propuesta con la que pretende implantar un conjunto de medidas, entre las que se encuentran una serie de aranceles sobre las exportaciones de vehículos y componentes a EEUU, con vistas a potenciar el sector y la implantación de nueva industria en dicho país. No obstante, estas medidas en pro de la económica nacional, a nivel mundial suponen un peligro para las relaciones comerciales debido a que las exportaciones a EEUU representan un gran porcentaje del comercio mundial.

Es así como, por ejemplo, México en 2017 exportó a Estados Unidos 2.3 millones de vehículos, suponiendo una cuarta parte del PIB del país y un 75% de los vehículos fabricados en el país [CCOO, (2018)].

En la misma línea del cambio, fruto de las necesidades detectadas por el cambio climático, se produce una paulatina transición hacia los vehículos de combustible menos contaminante y, en especial, los vehículos eléctricos y autónomos. En este cambio de paradigma tiene una gran importancia el papel desarrollado por el fabricante TESLA, tras demostrar en sus modelos de vehículo eléctrico que dicha posibilidad puede ser eficaz y eficiente.

### 7.3.- Pilares clave que están marcando el rumbo económico de la transición a las nuevas tecnologías.

Según el estudio realizado por Comisiones Obreras (CCOO) en el año 2018, las nuevas tendencias hacen que los fabricantes del sector del automóvil se enfrenten a nuevos retos como los que presentamos a continuación:

- Vehículos conectados.
- Vehículos autónomos
- Movilidad eléctrica
- Mejora de la interface hombre-máquina
- Industria digital

#### 7.3.1.- Colaboraciones entre grandes compañías

El cambio hacia un nuevo futuro que sigue el sector del automóvil en la última década conlleva grandes inversiones, frente a ellas, son muchos los fabricantes que han apostado por coaliciones entre compañías para poder hacer frente a los costes de los nuevos proyectos. A continuación, mencionaremos algunas de las fusiones más importantes.

- Nissan compra una participación del 34% por el valor de 2.300 millones de dólares en Mitsubishi.
- El grupo Volkswagen obtiene el 16.6% de Navistar (fabricante de camiones).

- El grupo PSA Peugeot Citroën compra la compañía Opel, por un valor de 2.200 millones de euros en el año 2017.

En el año 2016 las compañías Toyota y Suzuki inician una serie de colaboraciones encaminadas a potenciar líneas de investigación sobre la seguridad, tecnologías de la información y reducción de la contaminación. Todos estos datos son recogidos y analizados en profundidad en el informe anual de CCOO del año 2018.

Principales grupos automovilísticos del mundo		
Grupo	Marcas	Ventas 2017 (millones)
Volkswagen	Volkswagen, Skoda, Audi, Seat, Lamborghini, Bentley, Bugati, Porsche	10,4
Toyota	Toyota, Lexus, Daihatsu	10,2
Renault-Nissan	Renault, Nissan, Alianza Mitsubishi, Dacia, Lada, Samsung	10,1
Hyundai-Kia	Hyundai, Kia	7,3
General Motors	Chevrolet, GMC, Buick, Cadillac, Baojun, Wuling, Holden	6,9
Ford	Ford, Lincoln, Troller	6,3
Honda	Honda, Acura	5,4
Fiat Chrysler Automotiva	Ferrari-FIAT, Alfa Romeo, Abarth, Maserati, Chrysler, Dodge, Jeep, Lancia	4,9
PSA Peugeot-Citroën	Peugeot, Citroën, DS, Opel-	4,1
Suzuki Motor	Suzuki	3,1
Daimler	Mercedes Benz, Smart	3,0
BMW Group	BMW, Mini, Rolls-Royce	2,4
Mazda	Mazda	1,5
Tata	Tata Motors Jaguar, Land Rover	
Geely	Volvo, London Taxi	

Tabla 10. Principales grupos del sector del automóvil. Recuperado de [CCOO, (2018)]

### 7.3.2.- Industria 4.0

Se predice que el futuro de la industria del automóvil venga marcado por el concepto de “industria 4.0”, que marca la nueva tendencia hacia la tecnología de los datos y la inteligencia artificial. Según el “Informe Global sobre Automoción 2018” de KPMG, el propio ecosistema digital reportará ingresos, llegando a hacer la comparativa de que un vehículo digitalizado superará en 10 veces los ingresos de un coche que no lo esté. A su vez, se estima que entre los años 2018 y 2022 la industria realizará unas inversiones de alrededor de 250 millones de dólares, de forma que, en el año 2022 el 24% de las plantas en la industria de la automoción contarán con este tipo de inteligencia y tecnología [CCOO, (2018)].

A pesar de las grandes cantidades invertidas, también se estima que la adaptación a la industria 4.0 supondrá un ahorro en producción de 160.000 millones de dólares anuales a partir del año 2023.

### 7.3.3.- Inversiones en nuevas tecnologías

Ante la transición hacia las nuevas tecnologías y, en especial, al vehículo eléctrico y autónomo, la infraestructura del sector se ve obligada a realizar cambios que implican alejarse de la estructura tradicional que ha marcado su historia. El hecho de que la nueva tendencia sea el vehículo autónomo implica que el sector se vea expuesto a nuevos competidores que dominan mejor el sector de la electrónica y los automatismos, así como la industria 4.0 y la tecnología de los datos, como es el caso de Apple, Tesla, Nvidia, Google, etc. Esto afecta en especial a la sección de componentes, se estima que en el año 2030 el 75% de las compañías proveedoras de componentes se verán obligadas a cerrar o en su defecto, su actividad se verá muy reducida.

Los cambios a los que se ve sometido el sector del automóvil han hecho que gran parte de las inversiones y líneas de investigación se centren en el vehículo eléctrico y autónomo. A pesar de ello, el cambio de paradigma supone que el sector se sumerja en un ámbito de competencias desconocido y con nuevos competidores experimentados en las nuevas tecnologías. Por otro lado, el hecho de que la tecnología del vehículo autónomo se encuentre en los primeros grados de madurez, dificulta que las inversiones sean rentables en un corto-medio plazo.

A pesar de ello, la industria del automóvil está apostando por inversiones que, a pesar de que en el corto o medio plazo no reporten rentabilidad, confían en que marcarán el futuro de la industria. Un ejemplo claro de ello es que se estipulan inversiones por valor de 255.000 millones de dólares en la fabricación para 2022 de modelos que no serán rentables y 61.000 millones de dólares en modelos de vehículos autónomos los cuales no van a ser accesibles al cliente medio cliente. Aun así, se estima que para el año 2030 el vehículo eléctrico representará cerca del 30% de las ventas europeas, 20% en EEUU y 35% en China [CCOO, (2018)].

A continuación, se presentan algunas de las inversiones realizadas por la industria del automóvil.

En el año 2008 el grupo VW inicia su plan “Roadmap E” con una inversión de 50.000 millones de euros encaminada a obtener una flota de vehículos eléctricos, siendo 20.000 millones de la inversión dedicados renovación industrial hacia la nueva era denominada como “e-mobility” y caracterizada por el predominio de la electricidad [CCOO, (2018)].

Por otro lado, en el año 2018 VW llega a un acuerdo con el fabricante Ford para la apertura de nuevas líneas de investigación para la construcción de furgones

basados en la movilidad eléctrica, siendo la participación de VW por valor de 30.000 millones de euros y desde Ford con 4.500 millones [CCOO, (2018)].

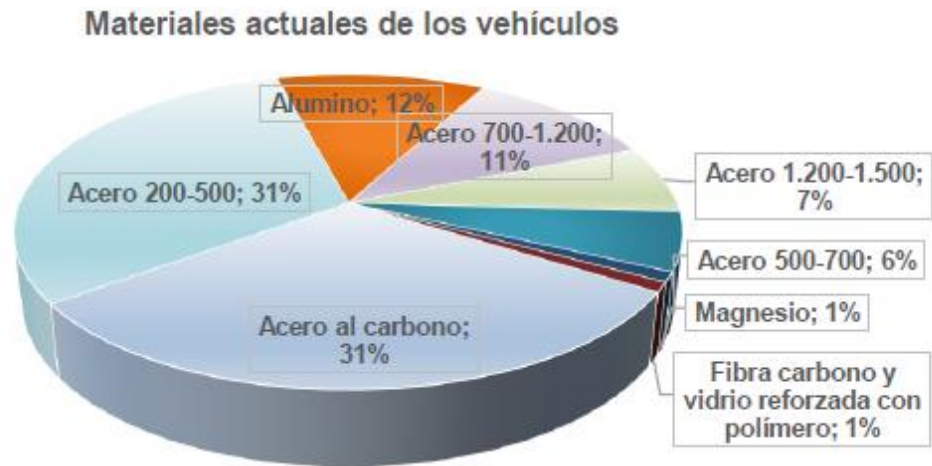
El grupo Renault-Nissan estipula que para el año 2025 y con una inversión de 4.000 millones de euros todos sus vehículos estarán adaptados a las nuevas tecnologías de industria 4.0, siendo precedente de ello su modelo ZOE con una autonomía de 400kms. A su vez, estiman que para 2022 conseguirán reducir en un 30% los costes en baterías [CCOO, (2018)].

#### 7.3.4.- Optimización en la producción

Ante el futuro que se le presenta al sector del automóvil, en el cual competirán una gran variedad de modelos y de fabricantes, el precio y las prestaciones marcarán la diferencia frente al resto de fabricantes. Es por ello que, a parte de las líneas de investigación enfocadas al vehículo autónomo y eléctrico, existen otras dos líneas enfocadas a reducir costes y aumentar prestaciones en la producción, siendo estas la reducción del peso de los vehículos y la optimización y reducción del coste de fabricación e instalación de baterías.

##### 7.3.4.1.- Reducción del peso medio de los automóviles

La reducción del peso medio de los automóviles es un objetivo que ha estado presente a lo largo de toda su historia. El peso va ligado directamente con las prestaciones y consumo. Esta importancia se incrementa aún más si nos referimos a vehículos eléctricos, donde la reducción del peso tiene una repercusión sobre la autonomía, siendo ésta uno de los aspectos más valorados en el nuevo mercado de los coches eléctricos. Se estima que las primeras flotas de vehículos que salgan al mercado superaran en un 25% en peso a sus equivalentes en modelos tradicionales de combustible fósil.



**Ilustración 69. Materiales de los que se compone un vehículo en la actualidad. Recuperado de [CCOO, (2018)]**

#### 7.3.4.2.- Impresión 3D

La clave económica no solo reside en reducir el peso de los automóviles para aumentar su autonomía y reducir sus costes, también entra en juego que esa reducción de peso no derive en la pérdida de prestaciones en el vehículo, como pueden ser factores relacionados con la pérdida de resistencia de los componentes, la estabilidad del vehículo o el aumento de ruidos en el interior del automóvil, siendo esta última una característica muy valorada por los usuarios.

La impresión 3D se presenta como una de las tecnologías que darán solución al incremento del peso, manteniendo las prestaciones de los materiales. Esta tecnología presenta opciones de optimización de los procesos de producción muy amplias y posibilitan reducir los costes y los tiempos de producción. A pesar de ello, la inclusión de esta tecnología en el sector aún es muy reducida debido a las altas inversiones iniciales que supone, ya que las impresoras tienen de media un precio de medio millón de euros, sumándose al coste de la materia prima que su uso requiere, que aún es elevado. No obstante, algunos grandes fabricantes como es el caso de Ford, han implementado ya esta tecnología en algunos de sus procesos de fabricación (como pueden ser paragolpes y colectores), llegando a conseguir producir paragolpes con una reducción de peso a la mitad y una reducción del proceso de diseño y producción de varios días frente al proceso tradicional que tardaría meses [CCOO, (2018)].

#### 7.3.4.3.- Producción de baterías

Las baterías son el componente más importante en la carrera hacia el vehículo autónomo. Pero a su vez, supone el elemento más limitante para la optimización en cuanto a los costes, ya que, a día de hoy, la tecnología que mejores resultados está produciendo (Litio-ión) presenta elevados costes, llegando a representar la mitad del coste del automóvil. Por otro lado, esta tecnología cuenta con nula competencia de mercado ya que solo se fabrica en Asia.

Ante la evidencia sobre la importancia de la batería en las nuevas líneas de movilidad eléctrica, la Comisión Europea ha tratado de incentivar a los grandes productores del sector para la creación de fábricas especializadas en la producción de baterías, prometiendo ayudas, por medio de subvenciones, a estos proyectos. A pesar de ello, las grandes compañías han rechazado la oferta, ya que como presenta Bosch, supone una inversión demasiado grande, cerca de 20.000 millones, en un sector en el que todavía no se puede asegurar que la tecnología Litio-ión sea el futuro y consecuentemente no puede asegurar la rentabilidad del proyecto.

Otro de los problemas con los que se encuentra el sector sobre la producción de baterías es que, pese a que se cuentan con reservas de litio para más 185 años, al ser un mercado tan reciente, aún no cuenta con una infraestructura de extracción lo suficientemente robusta como para asegurar la distribución estable de la materia prima [CCOO, (2018)].

Ante esta barrera a nivel de competitividad por las baterías, los fabricantes han optado por diferentes estrategias, como es el caso de BMW y la compañía Contemporary Ampere. Por medio de la firma de un contrato por valor de 1.000 millones de euros, con la que BMW se asegura del suministro de celdas de baterías en la producción de automóviles eléctricos en el futuro. Otras de las estrategias de la industria en Europa es la adopción de la carga ultrarrápida, buscando en ella una ventaja competitiva. En contribución a esta línea la UE creó un fondo de 800 millones de euros para la financiación de la instalación de cargadores eléctricos por toda Europa [CCOO, (2018)].

#### 7.3.5.- Inversión en I+D+i

La inversión en investigación, desarrollo e innovación sigue siendo una de las líneas comerciales que usan las grandes compañías para obtener progresos que les encaminen hacia el liderazgo del sector. En la Unión Europea se realiza una inversión anual que supera los 53.000 millones de euros, de los cuales

aproximadamente el 52% es por parte de los constructores y el 48% de la mano de la industria de componentes. Siguiendo a la UE, nos encontramos con Japón con una inversión media de 29.800 millones de euros anuales (incrementándose cada año), y en el siguiente puesto, se encuentra EEUU con 18.500 millones de euros.

Para mantener estas líneas, la UE ha creado en los últimos años un fondo para financiar inversiones en I+D+i que cuenta con 200 millones de euros [CCOO, (2018)].

#### 7.4.- Conclusiones del capítulo

En el análisis realizado a lo largo del este capítulo hemos comprobado como la industria del automóvil ha dado un cambio a nivel global y se ha llegado a un consenso común, en el que todos los fabricantes asumen que el futuro queda definido por el vehículo eléctrico y autónomo, junto con las tecnologías que acompañan a la industria 4.0.

Por otro lado, también hemos podido comprobar cómo pese a la clara evidencia del futuro de la industria, los cambios a nivel tecnológico que ha de realizar la industria, exponen a los grandes productores a asumir retos en tecnologías sin contar con experiencia previa en ese nuevo ámbito. Todo ello sumado al corto recorrido del sector en las nuevas tecnologías, hace que el grado de madurez adquirido aún no sea rentable, de forma que el progreso de transición aún cuenta con más una década por delante para poder tener unas infraestructuras sólidas y rentables.

También hemos analizado los limitantes que aparecen, a nivel de competitividad de mercado, cuando un componente tan importante como es el caso de las baterías para el vehículo eléctrico, cuenta con una producción centralizada, suponiendo un coste añadido y la consecuente repercusión que representa en el valor final del automóvil.



## 8.- Conclusiones y Líneas futuras

### 8.1.- Conclusiones

El estudio y análisis realizado en este trabajo nos lleva a exponer unas premisas finales que nos servirán de conclusión del mismo, haciendo referencia a la importancia que han tomado los sistemas electrónicos en la progresiva evolución del sector de la automoción y su integración en el mismo.

Por una parte, hemos realizado un recorrido a lo largo de toda su historia, en el que hemos constatado que cualquier tecnología, pese a ofrecerse como solución o cimentarse sobre pilares ya corroborados en el propio sector, se ve sometida a un proceso de adaptación y progresiva inclusión, aún más si hablamos de un sector no especializado en la materia. Así mismo podemos concluir, en referencia a la historia del automóvil y a la etapa de inclusión y proliferación de los sistemas electrónicos en el sector de la automoción, que la capacidad de progreso de las tecnologías una vez que cuentan con una base sólida y consolidada se ven inmersas en un proceso exponencial de continuas mejoras.

A su vez, a lo largo de este trabajo se han analizado numerosas dificultades a las que se han visto sometidos los fabricantes de automóviles para integrarse junto con los sectores de las nuevas tecnologías, así como los riesgos (en su mayoría económicos) que solo algunos fabricantes han decidido asumir pese a no ver una rentabilidad a corto plazo. Esto se relaciona directamente con la elevada competitividad que existe en el sector de la automoción, los fabricantes de coches han estudiado en profundidad al cliente, su producto y también, el futuro y las expectativas, para dar lugar a una mejora de su oferta y rentabilizar al máximo las inversiones que realizaron o prevén realizar para poder mantenerse en el creciente mercado.

Por otro lado, se han analizado las líneas de tendencia actuales y futuras en relación a las nuevas tecnologías en el sector de la automoción. Evidenciándose que al sector del automóvil se le presenta un futuro prometedor gracias a la fusión del sector con otros sectores especializados en dichas nuevas tecnologías, siendo una parte representativa el sector electrónico.

Entre las líneas que marcan el futuro más cercano, encontramos el vehículo eléctrico y autónomo. En este trabajo hemos analizado cómo pese a los grandes progresos que se están obteniendo en estas líneas de investigación, aún queda un largo camino en el que aflorarán numerosos nuevos proyectos y reformas. Además, se ha de llegar a un protocolo que estandarice unas normas

o bases comunes para la inclusión de las nuevas tecnologías en el automóvil, ya que, sin ellas, la competitividad sería tal que se verían comprometidos principios básicos de la ética, como por ejemplo la vida o la seguridad a costa del abaratamiento de los productos. Como hemos visto el vehículo eléctrico y autónomo comienza a dar sus primeros pasos hacia el requerido proceso de maduración, de tal forma que asegure una perfección en la conducción superior a la de una persona, para poder permitir el 100% del control sobre la conducción a los sistemas de automatización, reduciendo los riesgos al mínimo.

Por otro lado, la realización de este trabajo ha permitido ir adquiriendo conocimientos y conclusiones, pudiendo diferenciar entre

- Competencias adquiridas
- Importancia de la parte mecánica y electrónica

### 8.1.1.- Competencias adquiridas como alumno del Grado de Electrónica Industrial y Automática

El comienzo de este Trabajo de Fin de Grado fue motivado por la gran implicación y repercusión que tiene la especialidad del Grado de Electrónica Industrial y Automática en un sector que tanto interés me genera como futuro ingeniero, y que, a su vez, marcó mis preferencias a la hora de elegir este grado.

El desarrollo de este TFG me ha conducido por un proceso de aprendizaje y adquisición de competencias como ingeniero, y también a nivel personal he desarrollado habilidades transversales.

A nivel técnico, he podido profundizar ampliamente en un sector tan importante como es el de la automoción. Las investigaciones realizadas para el trabajo me han facilitado el estudio de los sistemas electrónicos del automóvil, así como encontrar nuevas tecnologías que están siendo destacadas en la actualidad. En definitiva, he podido analizar muchas de las líneas de inclusión e investigación sobre los sistemas electrónicos. De forma que, como futuro Graduado en Ingeniería Electrónica, he descubierto un gran número de posibles oportunidades laborales gracias a la compatibilidad de mi perfil con el sector del automóvil.

El análisis socio-tecnológico realizado en este trabajo, se complementa con las competencias adquiridas en la asignatura de “Ingeniería, Tecnología y Sociedad”. He visto la importancia de conocer la historia de una tecnología y descubierto a qué facilidades y dificultades se ha visto expuesta, para

comprender su complejidad y poder trabajar con ella desde un punto de vista global y eficaz. Con este TFG hemos podido analizar cómo la tecnología automovilística no se reduce sólo a la obra de ingeniería que representa, sino que factores como la economía, tendencias, época de la historia, zonas geográficas o la sociedad, repercuten de manera directa en su trayectoria evolutiva. A su vez, nos aporta un razonamiento más crítico y constructivo en relación con las líneas de investigación, facilitando la comprensión de por qué algunas tecnologías en su momento no triunfaron y ahora sí, al igual que conocer las estrategias de líneas de investigaciones pasadas, que nos pueden aportar herramientas que nos sean útiles en nuestra investigación futura.

Otra de las competencias adquiridas gracias a la investigación realizada con motivo de este TFG, es el aumento de la capacidad de análisis, síntesis y redacción de documentos. Valoro un aprendizaje en este sentido, ya que muestra lo complicado de iniciar una investigación y sentar las bases sobre los temas a tratar y componentes a incluir en la misma. Así como también la experiencia en selección de datos y su contraste entre diferentes autores y líneas de estudio, para lograr un análisis crítico. Todo ello, me ha reportado una experiencia que ya en mi pequeño recorrido laboral he puesto en práctica con resultados favorables.

### 8.1.2.- Parte mecánica insustituible y parte electrónica imprescindible y en evolución

El hecho de la alta implicación actual de la electrónica en el sector del automóvil y la llegada de los primeros vehículos eléctricos nos lleva a ver los coches como figuras puramente eléctricos-electrónicos.

Pese a que el objetivo principal de este TFG es el análisis y exposición de la importancia del sector electrónico en el sector del automóvil, se ha hecho mención a varios de los grandes logros de la mecánica. Catalogar a día de hoy el automóvil en un solo sector, sería cometer un grave error. Como hemos podido analizar cada vez se requieren más conocimientos de sectores externos al de la automoción. A pesar de ello, y por mucho que estas nuevas tecnologías ganen protagonismo, no podemos obviar la importancia de la mecánica ya que, a pesar de prever una evolución exponencial de las nuevas tecnologías, la parte mecánica es impensable que sea sustituida en su totalidad.

Los objetivos del sector, con la mecánica insustituible y la imprescindible y evolucionada electrónica, seguirán siendo la funcionalidad, seguridad y sostenibilidad, como los 3 objetivos primordiales.

## 8.2.- Líneas futuras

El documento final de este TFG ha sido redactado buscando unos objetivos que se fundamentaban en presentar datos contrastados con su respectiva referencia bibliográfica. Al mismo tiempo, se ha intentado recoger en un mismo documento varios análisis, con distintos enfoques, pero todos ellos en el recorrido histórico del automóvil.

Pese a que el objetivo principal es el recorrido electrónico, se ha prestado especial importancia a la selección de la información del resto de análisis. De modo que, a pesar de no ser análisis exhaustivo al no ser el objeto de este trabajo, puedan ofrecer un punto de partida para todo aquel que esté interesado en profundizar.

Teniendo en cuenta estos matices, este Trabajo de Fin de Grado puede servir de precedente para futuras líneas de investigación.

Una de las líneas futuras podría tratarse de la continuación del análisis de la evolución del automóvil, incluyendo la evolución a la que se verá sometida la industria del automóvil respecto a todas las actuales líneas de investigación en las nuevas tecnologías en los años próximos. De forma que se pueda dotar de un valor añadido a este trabajo con la continuación del análisis para identificar cuáles de las líneas de investigación actuales han triunfado y cuales fracasaron, así como ver las consecuencias en ambos casos.

Otras de las líneas sobre las que puede ser precedente este trabajo son investigaciones de análisis del impacto del automóvil a nivel socioeconómico, pudiendo presentar en el futuro un análisis sobre el impacto y aceptación de las nuevas tecnologías o el vehículo autónomo, llegado el caso.

Del análisis histórico y de la evolución se han evidenciado las diversas problemáticas y riesgos en los que se han visto sumergidos y que han tenido que sortear los fabricantes. De forma que, otro planteamiento posible partiendo de este trabajo, iría enfocado en un análisis económico que estudie en profundidad, las estrategias económicas adoptadas por los fabricantes, junto con su evolución y resultados obtenidos.

## 9.- Bibliografía

- [Academia Play,2021] 10 increíbles máquinas de Leonardo da Vinci. Recuperado de <https://academiaplay.es/10-inceibles-maquinas-leonardo-da-vinci/> (consulta 03/05/2021)
- [AG, (2021)] ¿Cuándo empezaron a conducir las mujeres en España? Recuperado de <https://adictosalagolina.com/desde-cuando-pueden-conducir-las-mujeres/> (consulta 22/05/2021)
- [Agüero H., (2012)] Historia del AUTOMOVIL. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PERU. Recuperado de <http://www.librosmaravillosos.com/historiadelaautomovil/pdf/Historia%20del%20automovil%20-%20Hugo%20Aguero%20Alva.pdf> (Consulta 22/12/2021)
- [Aguilera, A. (2020)] La automoción española pierde 20.000 empleos y casi un 30% de producción. Recuperado de [https://www.vozpopuli.com/economia\\_y\\_finanzas/automocion-espanola-pierde-empleos-produccion\\_0\\_1406860103.html](https://www.vozpopuli.com/economia_y_finanzas/automocion-espanola-pierde-empleos-produccion_0_1406860103.html)(consulta 13/06/2021)
- [Anastakis, D. (2016)] Book reviews: Drive! henry ford, george selden, and the race to invent the auto age. Business History Review, 90(4), 801-803. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0007680517000198>(Consulta 11/12/2021)
- [Andara R., (2019)] Usabilidad, impactos ambientales y costos de los vehículos de combustión interna y eléctricos. Recuperado de TRIM Tordesillas, revista de investigación multidisciplinar, 17 (2019): 111-125 <https://revistas.uva.es/index.php/trim/article/view/4203> (Consulta 15/12/2021)
- [ANFAC, (2021)] Agrupación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones. <https://anfac.com/> (consulta 13/06/2021)

- [ANFAC (2019)] Informe anual 2019. Recuperado de [https://anfac.com/wp-content/uploads/2020/07/ANFAC\\_INFORME\\_ANUAL\\_2019\\_VC.pdf](https://anfac.com/wp-content/uploads/2020/07/ANFAC_INFORME_ANUAL_2019_VC.pdf) (consulta 13/06/2021)
- [Área Tecnología, (2021)] DESCUBRIMIENTO DE LA ELECTRICIDAD. Recuperado de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/descubrimiento-de-la-electricidad.html> (Consulta 27/12/2021)
- [Auto Avance, 2018] Ecu Automotriz Funcionamiento. Recuperado de <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/ecu-automotriz-funcionamiento/> (Consulta 28/10/2021)
- [autofacil, (2021)] Web de artículos del sector del automóvil. Recuperado de <https://www.autofacil.es/> (Consulta 20/12/2021)
- [autolib, (2021)] Web de artículos del sector del automóvil. Recuperado de <https://www.autobild.es/> (Consulta 20/12/2021)
- [Barona G., Efraín L., (2019)] Materiales de aleación aluminio-silicio aplicados en la fabricación de partes de motores de combustión interna alternativos Parte I. Recuperado de <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.758> (Consulta 21/21/2021)
- [Bauzá F. J., (2018)] Estudio del sistema de frenado en los vehículos ligeros (turismos). TFG de la Universidad Politécnica de Catalunya. Recuperado de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/113326/REPORT\\_470.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/113326/REPORT_470.pdf) (Consulta 29/12/2021)
- [Benjamin Coriat] EL TALLER Y EL CRONOMETRO. Siglo XXI editores, duodécima edición en español, 2000. (Traducción de Figueroa, J. M). Ensayo sobre el taylorismo, el fordismo y la producción en masa

- [BOE nº.273 (2002)] «BOE» núm. 273, de 14 de noviembre de 2002, páginas 40084 a 40087 (4 págs.). Recuperado de [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2002-22171](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2002-22171)
- [BOE N°141, (2014)] Real Decreto 414/2014, de 6 de junio, por el que se regula la concesión directa de subvenciones para la adquisición de vehículos eléctricos en 2014, en el marco de la Estrategia integral para el impulso del vehículo eléctrico en España 2010-2014 (Programa MOVELE 2014). Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/06/06/414> (Consulta 05/01/2022)
- [Bordacheva, M. (2015)] Aportación de la industria del automóvil al crecimiento económico de España e impacto de las tendencias actuales en el sector. Recuperado de la Universidad de Barcelona.  
<https://www.comercioexterior.ub.edu/tesina/tesinasaprobadas/1415/TesinaBordachevaMarina.pdf> (consulta 11/06/2021)
- [Bosch, (2016)] Sonda lambda 40 años de evolución. Recuperado de [https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrpontevedra/aulavirtual/pluginfile.php/15601/mod\\_folder/content/0/Sonda%20lambda%2040%20a%C3%B1os%20de%20evoluci%C3%B3n.pdf?forcedownload=1](https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrpontevedra/aulavirtual/pluginfile.php/15601/mod_folder/content/0/Sonda%20lambda%2040%20a%C3%B1os%20de%20evoluci%C3%B3n.pdf?forcedownload=1) (Consulta 5/01/2021)
- [Cameron, O., (2017)] An Introduction to LIDAR: The Key Self-Driving Car Sensor. Recuperado de <https://news.voyage.auto/an-introduction-to-lidar-the-key-self-driving-car-sensor-a7e405590cff> (Consulta 28/10/2021)
- Cárdenas, L. F. (2013). EL AUTOMOVIL Y SU IMPACTO AMBIENTAL Y PSICOSOCIAL. Fundación Universitaria Autónoma De Colombia. Recuperado de Revista SCHEMA-N°3 Enero-Junio del 2013.  
[http://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/SOCIALES\\_8/Ciencias\\_de\\_la\\_Comunicacion\\_Social/polisemi.pdf#page=136](http://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/SOCIALES_8/Ciencias_de_la_Comunicacion_Social/polisemi.pdf#page=136) (pg. 136-144) (Consulta 9/10/2021)

- [Casanova F., (2009)] Inventos: El tornillo. Recuperado de <https://hdnh.es/inventos-el-tornillo/>(Consulta 28/12/2021)
- [CCOO, (2018)] Situación y perspectivas en el sector del automóvil. Recuperado de CCOO industria <https://industria.ccoo.es/9ddeee3ef0745110d18ae92f9a4bc706000060.pdf> (Consulta 20/12/2021)
- [Celada F., (2015)] Análisis del sistema de dirección de un automóvil mediante Multibody de Simulink. Universidad Carlos III de Madrid. Recuperado de <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/25331> (Consulta 22/12/2021)
- [cocheselectricos10, (2018)] Guía de cables para coches eléctricos: Tesla. Recuperado de <https://cocheselectricos10.com/coches-electricos/como-funcionan-los-coches-electricos/guia-de-cables-para-coche-electrico/guia-de-cables-para-coches-electricos-tesla-conector-mennekes-modificado/> (consulta 28/10/21)
- [Correos (2021)] Web de adquisición de distintivos medioambientales. Recuperado de <https://tienda.correos.es/product/distintivo-ambiental-dgt> (Consulta 19/12/2021)
- [Deiana, A. C. et al.,(2021)] *HISTORIA DE LA INGENIERÍA. Departamento de Ingeniería Química -Fi-UNSJ.* Recuperado de: <http://www.fi.unsj.edu.ar/asignaturas/introing/HistoriaDeLaIngenieria.pdf> (consulta 24/07/2021)
- [DGT, (2021)] Página web de la Dirección General de Tráfico <https://www.dgt.es/conoce-la-dgt/quienes-somos/historia/> (consulta 19/05/2021)
- [DGT, (2014)] La importancia del ABS. Recuperado de <https://revista.dgt.es/es/motor/noticias/2014/11NOVIEMBRE/1119ABS.shtml> (consulta 14/10/2021)



- [DGT, (2004)] Planes para fomentar la renovación de coches <https://www.dgt.es/revista/archivo/pdf/num164-2004-P.Prever.pdf> (consulta 10/06/2021)
- [Díez, A. (2019)] Conducción autónoma: Estudio del estado del arte, impacto sobre la movilidad y desarrollo de simulador de tráfico. Proyecto de fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid, Grado de Ingeniería del Software. Recuperado de <http://oa.upm.es/53520/> (consulta 22/10/2021)
- [El Comercio, (2017)] Henry Ford, un pionero de la industria automotriz. Recuperado de <https://elcomercio.pe/economia/mundo/henry-ford-pionero-industria-automotriz-fotos-421240-noticia/> (consulta 18/05/2021).
- [electromaps, (2020)] Estos son los conectores de los coches eléctricos. Recuperado de <https://www.electromaps.com/articulo/conectores-coches-electricos> (consulta 28/10/21)
- [epdata, (2021)] Accidentes de tráfico, en datos y estadísticas. Recuperado de <https://www.epdata.es/datos/accidentes-traffic-datos-estadisticas/65/espana/106> (consulta 20/05/2021)
- [ETSIT-UPM, (2022)] Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de <https://www.etsit.upm.es/> (Consulta 10/01/2022)
- [Fdez, Rquez, J., V., (2014)] EL SECTOR DE LA AUTOMOCIÓN TRAS LA CRISIS. Recuperado de Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de Madrid <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/174/TFG000239.pdf?sequence=1> (consulta 11/06/2021)
- [Ferrer S., (2016)] La mujer que inventó el limpiaparabrisas, Mary Anderson (1866-1953). Recuperado de <https://mujeresconciencia.com/2016/05/20/la-mujer-invento-limpiaparabrisas-mary-anderson-1866-1953/> (Consulta 29/12/2021)

- [Find A Grave (2010)] Página que simula un cementerio virtual con millones de lapidas que los usuarios han ido añadiendo, así como descripciones y fotos. Recuperado de:  
<https://es.findagrave.com/memorial/2381/george-baldwin-selden/photo> (Consulta 10/9/2021)
- [Fogued, L.(2013)] PRIMER COCHE MARCUS. Recuperado de <http://tecnologiacoche.blogspot.com/2013/11/primer-coche-marcus.html> (Consulta 04/05/2021)
- [Font, J et al (2004)] Evolución y peso industrial del automóvil en el desarrollo socioeconómico de España. Recuperado del Laboratorio de Automóviles-Universidad Politécnica de Valencia. <https://www.revistadyna.com/busqueda/evolucion-y-peso-industrial-del-automovil-en-desarrollo-socioeconomico-de-espana> (consulta 01/06/2021)
- [Frauca O., (2021)] Evolución histórica de las baterías aplicadas a los vehículos eléctricos de movilidad urbana. Aplicación de un caso práctico. TFG de la Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado de <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/10006/tfg-fra-evo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Consulta 27/12/2021)
- [García M. T., (2021)] EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA RADIO COMO MEDIO DE COMUNICACIÓN. EducaMadrid. Recuperado de <https://www.educa2.madrid.org/web/teresa.garciafidalgo/evolucion-historica-de-la-radio-como-medio-de-comunicacion> (Consulta 30/12/2021)
- [García, M (2019)] Karl Benz y la creación del primer automóvil. Recuperado de LA VANGUARDIA <https://www.lavanguardia.com/historiayvida/historia-contemporanea/20191125/471783996973/karl-benz-automovil.html> (Consulta 19/05/2021)

- [Gobierno de España, (2014)] Planes PIMA. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/planes-y-estrategias/PIMAS.aspx#> (Consulta 05/01/2022)
- [Gómez, Noroña, M., M. (2019)] *Desarrollo e innovación de los sistemas mecatrónicos en un automóvil: una revisión*. Recuperado de: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.350> (consulta 13/10/2021)
- [González A., (2009)] Descubrimiento de las ondas de Radio: la confirmación de la Teoría Electromagnética. Recuperado de <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/10/posts/descubrimiento-de-las-ondas-de-radio-la-confirmacin-de-la-teora-electromagntica-10186> (Consulta 27/12/2021)
- [González, C. (2020)] ¿Quién inventó el coche? La verdadera Historia del automóvil. Recuperado de motor.es: <https://www.motor.es/noticias/inventor-coche-202064937.html> (consulta 03/05/2021)
- [González, K (2020)] 1895: George Baldwin Selden adquiere la patente sobre la invención del automóvil. Recuperado de: <https://enterate24.com/1895-george-baldwin-selden-adquiere-la-patente-sobre-la-invinciondelautomovil/#:~:text=Al%20parecer%20lo%20conseguí%3%B3%20en,un%20veh%C3%ADculo%20de%20cuatro%20ruedas.> (consulta 03/05/2021)
- [Gorbillón, A. (2021)] Renault anuncia parones completos en las factorías de Valladolid y Palencia. El Norte de Castilla. Recuperado de <https://www.elnortedecastilla.es/valladolid/renault-dejara-fabricar-20210222110654-nt.html> (consulta 13/06/2021)
- [Gozalo M., (2021)] Estudio, análisis y propuesta de sistema de gestión en empresa del sector automoción. TFG Universidad de Valladolid (Consulta 28/12/2022)

- [Guzman Jasir, (2014)] LOS 30 ACONTECIMIENTOS MAS RELEVANTES DE LA ING. MECANICA. Recuperado de <https://prezi.com/t348465x5bom/los-30-acontecimientos-mas-relevandes-de-la-ing-mecanica/> (Consulta 28/12/2021)
- [Harris, D. (2003)] Landmark patent case broke Selden’s lock on auto industry. Automotive News. Recuperado de: <https://www.autonews.com/article/20030616/SUB/306160708/landmark-patent-case-broke-selden-s-lock-on-auto-industry> (consulta 18/05/2021)
- [Iglesias S., (2019)] “Análisis sobre el transporte en automóviles de propulsión alternativa. Universidad Carlos III de Madrid. Recuperado de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/30245/TFG\\_Sergio\\_Iglesias\\_Chaparro.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/30245/TFG_Sergio_Iglesias_Chaparro.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (Consulta 12/12/2021)
- [La Moncloa, (2020)] Informe sobre el Plan de Política Industrial 2020 (PIN2020). Recuperado de <https://www.lamoncloa.gob.es/consejodeministros/paginas/enlaces/101210-enlaceindustria.aspx> (Consulta 05/01/2022)
- [Lacasa R., (2019)] DISEÑO DE UNA TRANSMISION PLANETARIA PARA UN VEHICULO DE FORMULA SAE. Recuperado de [https://oa.upm.es/54241/1/TFG\\_ROCIO\\_LACASA\\_CHAMIZO.pdf](https://oa.upm.es/54241/1/TFG_ROCIO_LACASA_CHAMIZO.pdf) (Consulta 22/12/2021)
- [Lara, A., (2012)] De sistema mecánico a sistema tecnológico complejo: El caso de los automóviles. Contaduría y administración, 59(2), 11-39. Recuperado de: [http://dx.doi.org/10.1016/S0186-1042\(14\)71253-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0186-1042(14)71253-7) (consulta 13/10/2021)
- [López, J. F. (2020)] Fordismo. Recuperado de Economipedia.com <https://economipedia.com/definiciones/fordismo.html#:~:text=El%20fordismo%20es%20un%20sistema,f%C3%A1bricas%20este%20sistema%20de%20producci%C3%B3n>. (consulta 18/05/2021)

- [Luque, M. (2015)] Crisis del petróleo, transición a la democracia y frenado de la expansión turística en España, 1973-1985. Recuperado de Universidad de Málaga. <https://revistas.ucm.es/index.php/CHCO/article/download/50989/47326> (consulta 02/06/2021)
- [Mcloughlin, M. (2021)] Semiconductores, la crisis que ha roto las costuras industriales y nadie sabe cómo arreglar. Recuperado de [https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2021-04-12/semiconductores-crisis-guerra-5g-fabricacion\\_3026003/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2021-04-12/semiconductores-crisis-guerra-5g-fabricacion_3026003/) (consulta 13/06/2021)
- [Mier, C. (2019)] El vehículo eléctrico: Contexto actual y futuro. Desarrollo de aplicación para la optimización de su recarga. Trabajo de Fin de Grado, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación de la Universidad de Cantabria. Recuperado de <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/16931/419305.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (consulta 21/10/21)
- [Moreno F. (2011)] Patente Selden: cuando los derechos de autor se aplicaron al automóvil, DIARIOMOTOR. Recuperado de: <https://www.diariomotor.com/2011/01/10/patente-selden-cuando-los-derechos-de-autor-se-aplicaron-al-automovil/> (consulta 05/05/2021)
- [Mujeres Inventoras, (2021)] Exposición MUJERES INVENTORAS. Expuesta en la universidad de Valladolid en el año 2021.
- [Muñoz, R. (1993)] La industria de automoción: su evolución e incidencia social y económica. Recuperado de Cuadernos de Estudios Empresariales N°3 – 1993 – Editorial Complutense <https://revistas.ucm.es/index.php/CESE/article/download/CESE9393110289A/11097> (consulta 17/05/2021)

- [Ortiz D., (2016)] Análisis resistente mediante Elementos Finitos del cigüeñal de un motor de combustión. Recuperado de <https://zaguan.unizar.es/record/59100/files/TAZ-TFG-2016-2697.pdf> (Consulta 28/12/2021)
- [Ortiz, J. M. (2010)] Aproximación a la historia de la industria de equipos y componentes de automoción en España. Recuperado de la Universidad Complutense de Madrid. [https://doi.org/10.1016/S1698-6989\(10\)70037-0](https://doi.org/10.1016/S1698-6989(10)70037-0) (Consulta 23/05/2021)
- [Páez F. J., Furones A. (2017)] 'Drive by wire'. Recuperado de Revista DGT. <https://revista.dgt.es/es/motor/tecnologia-seguridad/2017/0213-Tecnologia-n239-sistema-by-wire.shtml> (Consulta 20/12/2021)
- [Pérez, M. (2014)] Análisis del Sector del Automóvil en España (1990-2013). TFG recuperado del Grado de Economía en la Universidad de Almería. [http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3443/3042\\_TFG%2C%20EL%20SECTOR%20EL%20AUTOMOVIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3443/3042_TFG%2C%20EL%20SECTOR%20EL%20AUTOMOVIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (consulta 22/05/2021)
- [Pires, L. E. (1999), (p.116)] LA RECULACIÓN ECONÓMICA EN LAS DISTADURAS: EL CONDICIONAMIENTO INDUSTRIAL EN ESPAÑA Y PORTUGAL DURANTE EL SIGLO XX. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Recuperado de la Universidad Complutense de Madrid <https://eprints.ucm.es/id/eprint/3632/1/T23630.pdf> (consulta 23/05/2021)
- [Real Decreto 3339/1972] por el que se regula la fabricación de automóviles de turismo en España, páginas 21830 a 21832. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1972-1786> (consulta 01/06/2021)
- [Rodríguez, G. (2018)] Mujer al volante. Recuperado de AVATA FUNDATION <https://fundacionavata.org/mujer-al-volante/> (Consulta 21/05/2021)

- [Rodríguez, R. (2021)] HISPANO SUIZA, DE LA LEYENDA A LA REALIDAD. Recuperado de (Consulta 22/05/2021)  
<https://www.eventosmotor.com/blog-premium/hispano-suiza-historia/>
- [SAE International, 2015] Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. Recuperado de  
[https://www.sae.org/standards/content/j3016\\_2\\_01806/](https://www.sae.org/standards/content/j3016_2_01806/) (Consulta 22/10/2021)
- [Sanchís, A. (2018)] Ensidesa. Recuperado de Conexión Industriales  
<https://conexionindustriales.com/ensidesa/>  
(consulta 24/05/2021)  
  
(consulta 01/06/2021)
- [Tapia, A., (2016)] Diseño de arneses eléctricos para General Motors. Informe de actividades profesionales para Ciudad Universitaria, Cd. Mx. Recuperado de:  
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/11157/1/Dise%C3%B1o%20de%20arneses%20el%C3%A9ctricos%20para%20General%20Motors.pdf>  
(consulta 14/10/2021)
- [TESLA, (2021)] El futuro de la conducción. Recuperado de  
[https://www.tesla.com/es\\_ES/autopilot](https://www.tesla.com/es_ES/autopilot) (consulta 26/10/2021)
- [UGEARS STEM LAB, (2021)] MAQUETA MECÁNICA DIFERENCIAL.  
[https://ugearsmodels.com/image/pocket\\_study\\_guide/Differential-Pocket-Study-Guide-Ugears-STEM-lab-es.pdf](https://ugearsmodels.com/image/pocket_study_guide/Differential-Pocket-Study-Guide-Ugears-STEM-lab-es.pdf) (Consulta 22/12/2021)
- [Valero, J. (2019)] El Coche autónomo: ¿Un futuro mejor? Artículo de la Facultad de Educación de Palencia, Universidad de Valladolid. Recuperado de:  
<https://doi.org/10.24197/st.1.2020.136-158>  
(consulta 26/10/2021)

- [Vázquez, R. (2018)] EL VEHÍCULO ELÉCTRICO, UNA SOLUCIÓN MEDIOAMBIENTAL SOSTENIBLE Y EFICIENTE. Proyecto fin de grado, Universidad Carlos II de Madrid, departamento de Ingeniería Eléctrica. Recuperado de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/29057/TFG\\_Rodrigo\\_Vazquez\\_Casillas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/29057/TFG_Rodrigo_Vazquez_Casillas.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (Consulta 21/10/2021)
- [Vidal, L. (2018)] El sector del automóvil en España. Análisis de los concesionarios. TFG recuperado del Grado en Finanzas de la Universidad de León. [https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/8484/TFG%20Luis%20Vidal%20Fierro\\_julio2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/8484/TFG%20Luis%20Vidal%20Fierro_julio2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (consulta 22/05/2021)
- [Voyage, (2017)] An Introduction to LIDAR: The Key Self-Driving Car Sensor. Recuperado de <https://news.voyage.auto/an-introduction-to-lidar-the-key-self-driving-car-sensor-a7e405590cff> (Consulta 26/12/2021)