



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES (GITI)

TRABAJO FIN DE GRADO SISTEMA DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA DE VEHÍCULOS

Autor: Teresa Gella Zubizarreta

Director: Dr. Antonio García y de Garmendia

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Sistema de Conducción Autónoma de vehículos

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2020/2021 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Teresa Gella Zubizarreta

Fecha: 9 / 06 / 2021



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Dr. Antonio García y de Garmendia

Fecha:



9 de junio, 2021



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES (GITI)

TRABAJO FIN DE GRADO SISTEMA DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA DE VEHÍCULOS

Autor: Teresa Gella Zubizarreta

Director: Dr. Antonio García y de Garmendia

Madrid

SISTEMA DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA DE VEHÍCULOS

Autor: Teresa Gella Zubizarreta.

Director: Dr. Antonio García y de Garmendia.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la creación de un sistema de conducción autónoma que ayude a evitar accidentes, mejorando la movilidad de las personas y la seguridad vial.

Lo primero que se hizo fue un estudio de la situación actual, a través del estudio de patentes sobre temas relacionados. A continuación, viendo una necesidad no cubierta, se desarrolló un sistema de conducción autónoma hasta ahora inexistente, por el que se evita la colisión con un obstáculo en determinadas condiciones. En el desarrollo del proyecto se utilizaron herramientas especializadas, como Matlab y Simulink. Por último, se analizaron las posibles repercusiones económicas que tendría su creación y finalmente se optó por solicitar una patente.

Palabras clave: Conducción autónoma, simulación, evasión de obstáculos, giro, patente.

1. Introducción

El factor humano es el mayor causante de accidentes en carretera¹, convirtiéndolas en lugares peligrosos donde la incertidumbre es permanente. También, al igual que para muchas personas el desplazarse de forma independiente es algo habitual, para muchas otras es un lujo inalcanzable. Para conducir un vehículo de forma segura, se requiere un buen estado físico. Las personas de avanzada edad, con movilidad reducida o incluso con limitaciones de visión, pueden ver comprometidos sus desplazamientos, dependiendo de terceros. Ante esta situación, gracias a la cuarta revolución industrial y sobretodo al desarrollo de la conducción autónoma, existe una nueva y esperanzadora realidad.

2. Definición del proyecto

En este marco de ideas, se desarrolla el presente proyecto. El objetivo es crear un sistema de conducción autónoma capaz de detectar obstáculos en la calzada y evitarlos de la forma más segura y eficaz posible, colaborando así a que el desplazamiento por carretera sea más seguro. A continuación, se muestra un esquema de las distintas etapas del proyecto y de la metodología de estudio que se ha seguido:

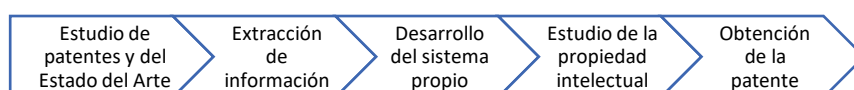


Figura 1. Etapas del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

¹ DGT, 2020

Para llevar a cabo el proyecto, ha sido necesario conocer el Estado de la Técnica. Por ello, se planteó el estudio de patentes como medio de transmisión de conocimiento al público. Así, se pudo analizar lo que ya existe y qué es lo que se puede mejorar, en este campo de interés. Se inició la fase de estudio mediante la lectura de patentes, utilizando *Google patents* (más de cien casos). Para centrar la investigación, se buscaron patentes de los campos B60W30/09 y B62D15/0265, según la Clasificación Internacional de Patentes (CIP o IPC en inglés)², consistente en patentes con sistemas de evasión automática de obstáculos, bien mediante frenado o bien mediante cambios de dirección.

Tras el estudio de las patentes, se recogió información de cada una de ellas en un documento Excel, clasificándolas por el asunto que tratan, método de resolución de los problemas planteados, autor, empresa solicitante, fecha de solicitud y fecha de publicación. A continuación, se elaboró un árbol de problemas para clasificar la información obtenida.

Una vez analizadas las patentes y, por tanto, conocido el Estado del Arte, se procedió a buscar un hueco de valor añadido para nuestra creación. Se estudiaron las ventajas y las carencias de las múltiples invenciones con el objetivo de mejorar lo que ya existe.

De forma paralela a este estudio, se realizó un análisis de la conducción autónoma; ¿en qué consiste?, ¿cuán desarrollada está?, ¿cuáles son los países y qué compañías son los que más están invirtiendo en ella?, etc. Por otro lado, para entender bien las patentes estudiadas, se hizo necesario un estudio sobre la dinámica de vehículos y un entendimiento de las distintas facetas de éstos, en concreto de la dirección del vehículo.

3. Descripción del sistema y resultados

Una vez se dispuso de los conocimientos necesarios, se procedió a la creación de sistema de conducción autónoma propio, el *Sistema TGZ*. El sistema de control propuesto concierne a un procedimiento para un sistema de control automático de giro de un vehículo que sigue una trayectoria, orientado a la evasión de un obstáculo en dicha trayectoria y método de control automático de giro del vehículo³.

A continuación, se muestra un diagrama de flujo en el que se muestran las primeras etapas del procedimiento llevado a cabo por el *Sistema TGZ*.

² Espacenet, 2020

³ Gella Zubizarreta, 2021

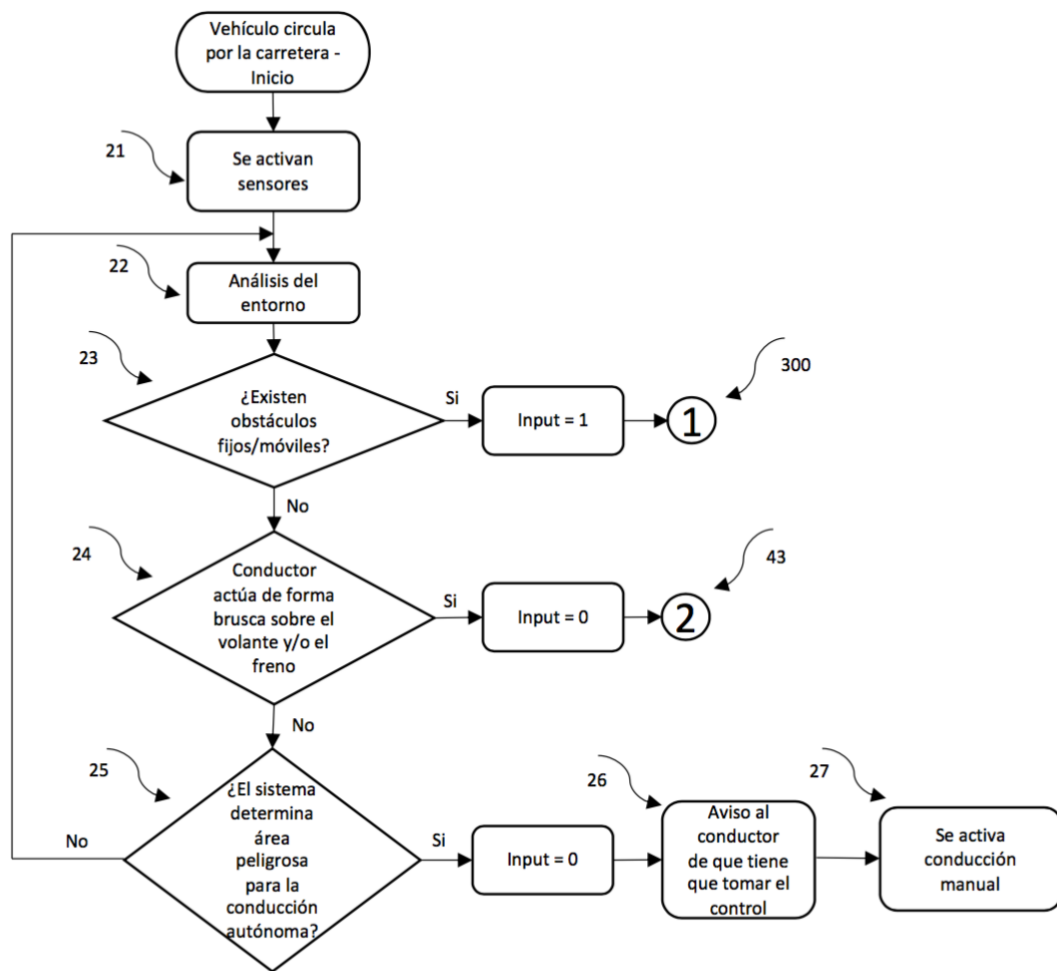


Figura 2. Diagrama de flujo de la invención. Fuente: Elaboración propia.

El Sistema TGZ está equipado de numerosos sensores. Son un aspecto fundamental en el funcionamiento del sistema pues, gracias a ellos, se obtendrán la información y los parámetros necesarios para ejecutar la evasión de obstáculos. Estos sensores se encuentran distribuidos por la parte frontal del vehículo, en el freno, en el volante y también en la parte trasera. Desde que se conecta el sistema, éste considera las condiciones del entorno de forma continua. En su análisis, el sistema detecta distintos elementos como, las líneas de la carretera, si se trata de trayectorias curvas o rectas, el tráfico y los obstáculos laterales. Además, dispone de un sistema de diferenciación de obstáculos fijos y móviles, para poder realizar la evasión más efectiva posible en cada caso.

Cuando detecta un obstáculo, el sistema considera siempre la distancia frontal que existe con el mismo, la cual le ayudará a determinar el tipo de evasión que se va a llevar a cabo: frenado, giro o giro combinado con frenado. Para calcular la distancia necesaria en cada caso, no solo se tiene en cuenta la distancia inicial entre los dos, si no que también se considera la dirección de los obstáculos y su velocidad. En caso de tener espacio suficiente para frenar el vehículo de forma segura y cómoda para los pasajeros, así lo hará. En caso contrario, el sistema procede a detectar el ángulo de giro del vehículo y su dirección, considera la distancia lateral necesaria para rebasar los obstáculos de forma segura y determina la posibilidad de realizar un cambio de carril. También, se tiene en cuenta la posible presencia de obstáculos posteriores al

que se está evitando, para así hacer un cambio de dirección lo más cómodo y seguro posible. Si el *Sistema TGZ* determina que es posible realizar el cambio de trayectoria, lo ejecuta.

Se ha incorporado un control de viabilidad del giro que se quiere efectuar. Esto es, antes de ejecutar el giro que se requiere para la evasión, es necesario comprobar que dicho giro es posible. Un giro demasiado brusco a altas velocidades puede tener resultados imprevistos. Los sensores de distancia y de velocidad relativa entre el vehículo y el obstáculo y los sensores de distancia y de velocidad relativa entre el vehículo y elementos fijos del entorno, serán los que ayuden a determinar las posibles trayectorias del vehículo para rebasar el obstáculo. El sensor de ángulo de giro del vehículo determina δ_{medido} , el ángulo de giro que tiene el vehículo antes de realizar el cambio. Cuando la trayectoria que ha de seguir el vehículo se determina, se calcula el ángulo necesario para seguir dicha trayectoria con giro, $\delta_{esperado}$. Según la estructura y las características del vehículo, se determina una relación entre los dos ángulos determinados que permite que el giro sea posible física y mecánicamente.

En caso de que el sistema de giro primario falle debido a cualquier contratiempo, se incorpora un sistema de giro secundario que reduce al máximo los efectos negativos de la colisión. Se trata de un sistema de giro basado en frenado diferencial, el cual frena el vehículo más por un lado que por el otro provocando así un cambio de dirección.

No se trata de un sistema de conducción autónoma completo, conocido como de grado 5, donde todas las decisiones las toma el vehículo, si no que el *Sistema TGZ* sigue requiriendo de la presencia de un conductor que vigile los movimientos y maniobras que se llevan a cabo. Por ello, si en algún momento el conductor interfiere en oposición a la maniobra calculada por el sistema, se le otorga el control del vehículo. Por tanto, se equipa el sistema de un método de aviso al conductor para así conectar la conducción manual.

Por último, si no se detectan obstáculos en la calzada, pero el *Sistema TGZ* detecta una actividad inusual por parte del conductor o un tramo de carretera que considera peligroso, dispone de un sistema de frenado de emergencia.

A lo largo de la creación de *Sistema TGZ*, se plantean diversas eventualidades y situaciones reales que puedan surgir. A raíz de esto último, se procede a la modelación de los cuatro casos prácticos planteados para comprobar la efectividad del sistema y cómo éste responde ante las situaciones planteadas. Las cuatro maniobras planteadas son:

- Obstáculo móvil, A
- Obstáculo fijo, B
- Obstáculo móvil aproximándose al vehículo, C
- Peatón cruzando, D

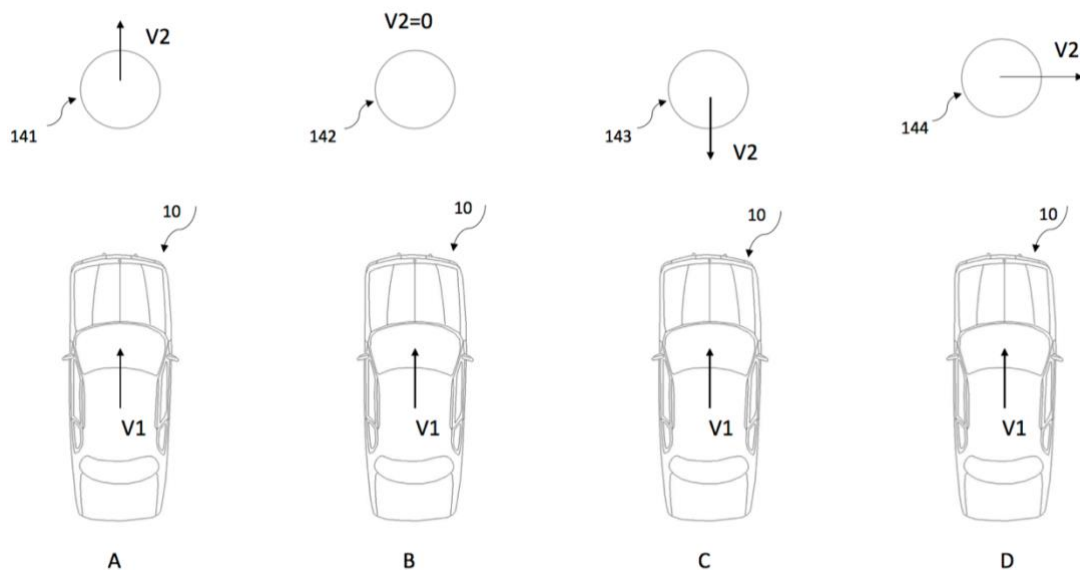


Figura 3. Posibles obstáculos. Fuente: Elaboración propia.

En concreto, se comprueba si efectivamente en cada caso el giro máximo que tiene que realizar el vehículo para evitar el obstáculo es plausible. La simulación se realiza en los softwares especializados Matlab y Simulink.

Finalmente, se estudió la inversión económica que precisa la solicitud de una patente y también se evaluaron los aspectos económicos del mercado de la conducción autónoma, así como los posibles resultados que se pudieran obtener de su explotación.

4. Conclusiones

Se ha desarrollado un modelo de conducción autónoma. Específicamente, se trata de un sistema de control de un sistema de giro de un vehículo capaz de:

- Detectar obstáculos,
- Determinar una trayectoria de evasión efectiva y,
- Realizar un análisis de la viabilidad de dicha evasión.

Mediante la simulación del *Sistema TGZ* en Matlab y Simulink, se han conseguido analizar distintas situaciones reales, planteando diversos casos prácticos. Se ha comprobado que, efectivamente, los cambios de trayectoria planteados por el sistema son posibles, pues cumplen con las condiciones de viabilidad de giro planteadas. Esto nos permite demostrar que se cumplen las condiciones de novedad, aplicabilidad industrial y actividad inventiva, necesarias para solicitar una patente.

Una vez demostrado que se cumplen las condiciones de patentabilidad, se inició el proceso de solicitud de la patente del *Sistema TGZ*. Por causas económicas, finalmente se decidió solicitar un modelo de utilidad en vez de una patente. Así, el 28 de abril de 2021, siguiendo las pautas marcadas por la Oficina Española de Patentes y Marcas y en concreto la Ley de Patentes 24/2015 del 24 de Julio, se obtuvo el número de solicitud: U202100187 del Modelo de Utilidad titulado *Sistema de conducción autónoma de vehículos*.

AUTONOMOUS VEHICLE DRIVING SYSTEM

Author: Teresa Gella Zubizarreta.

Director: Dr. Antonio García y de Garmendia.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

The project consists of the creation of an autonomous driving system that helps prevent accidents, improving mobility and road safety.

The first thing that was done was a study of the current situation, through the study of patents on related topics. Then, a non-existent autonomous driving system, with the objective of avoiding obstacles under certain situations, was developed. Specialized tools such as Matlab and Simulink were used in order to simulate the created system. In addition, the creation's possible economic repercussions were analyzed, and it was finally decided to apply for a patent.

Keywords: Autonomous driving, simulation, obstacle avoidance, steering, patent.

1. Introduction

Being able to move from one place to another is a fundamental aspect of people's lives. Each day, there are more and more technological advances that allow us to do so, like cars, buses or taxis. However, all these means of transport have a common negative factor, human intervention, which is the main cause of accidents on roads, making them dangerous places where uncertainty is constantly lurking⁴. Also, for many people, moving independently is an essential aspect of their everyday lives. However, for many others it is an unattainable luxury. To drive safely, a good physical condition is required, which can be compromised in the case of elderly people, people with reduced mobility or even people with visual impairment. However, thanks to the ongoing fourth industrial revolution and especially to the development of autonomous driving, a new reality is coming.

2. Project definition

In this framework, the project in question is developed. The aim is to create an autonomous driving system capable of detecting obstacles on the road and avoiding them in the safest and most efficient way possible. Here below is a diagram of the different stages of the project and the proposed study methodology:

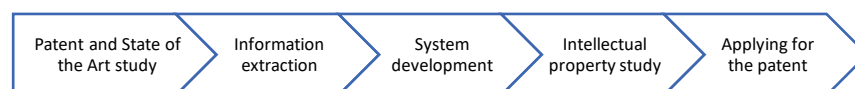


Figure 4. Study methodology. Source Compiled by author

⁴ DGT, 2021

In order to develop the project, knowledge on the State of the Art is required. To do so, patents are used as a means of transmitting knowledge to the public. Thus, it is possible to analyze what already exists and what can still be improved in the field of interest. The study begins by reading patents using *Google patents*. What is more, to centralize the research and according to the International Patent Classification (IPC)⁵, we look for patents in the fields B60W30/09 and B62D15/0265, which consist of patents with automatic obstacle avoidance systems that use either braking or steering.

Throughout the project, several patents are studied and information on each of them is collected in an Excel spreadsheet. The details are classified by the author's surname, the requesting company, the application date, the publication date, the problem they deal with and also according to how they solve said problem. The origin of these patents is analyzed in order to have a better understanding of their evolution.

Once the patents and the State of the Art have been analyzed, the advantages and shortcomings of multiple inventions have been studied and the goal is to improve what already exists.

At the same time, an analysis of autonomous driving is carried out: What does it consist of? How developed is it? What countries and which companies are investing in it? On the other hand, to fully understand the patents that have been studied, a study on vehicle dynamics is necessary, especially on the different facets that are of interest for the creation of an obstacle avoidance system, specifically, the steering system of a vehicle.

3. System description and outcomes

Once the necessary knowledge is obtained, we proceed to the creation of our own autonomous driving system, the *TGZ System*. The proposed control system concerns a method and a procedure for an automatic steering control system of a vehicle that follows a trajectory, aimed at avoiding an obstacle in said trajectory⁶.

Below is a flow chart showing the first stages of the procedure carried out by the *TGZ System*.

⁵ Espacenet, 2020

⁶ Gella Zubizarreta, 2021

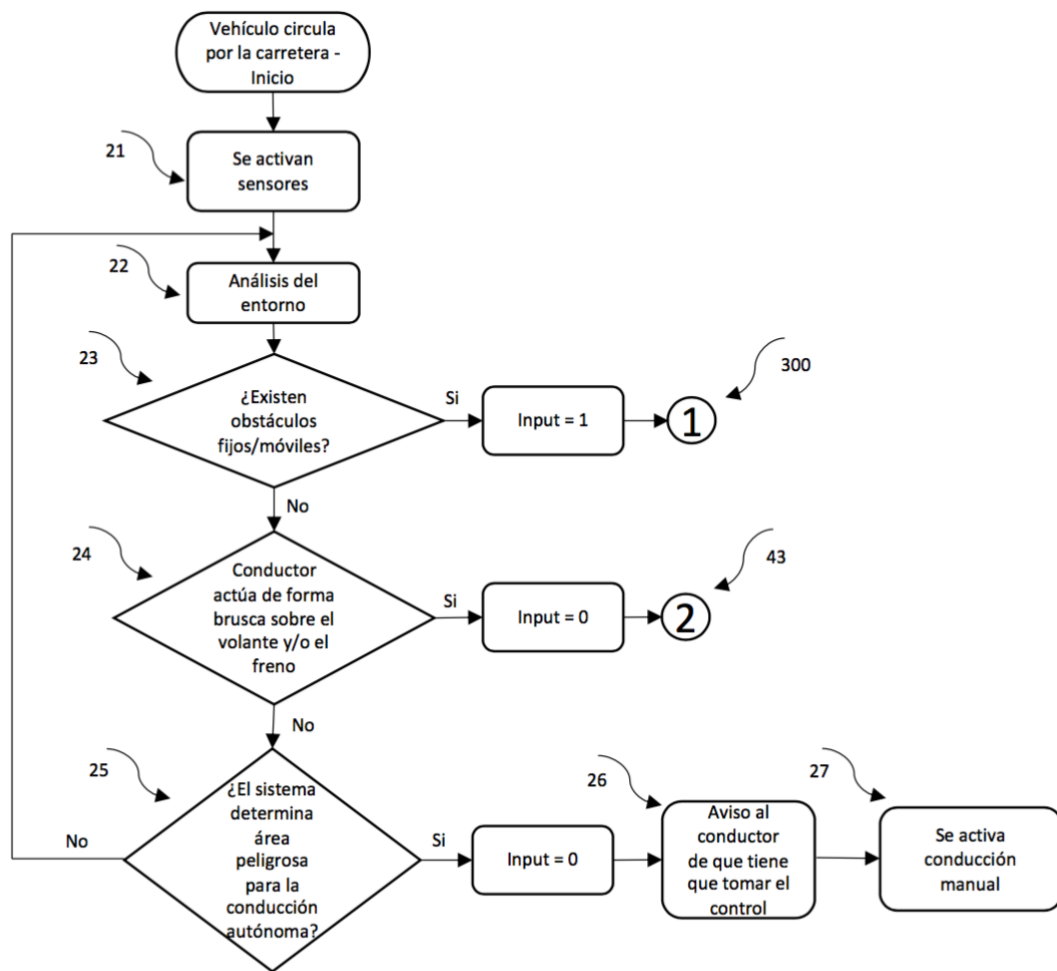


Figure 5. Flowchart. Source: Compiled by author

The *TGZ System* is equipped with numerous sensors. They are a fundamental aspect of the system because, thanks to them, the information and parameters needed to execute the obstacle avoidance will be obtained. These sensors are located in the front part of the vehicle, on the brake, on the steering wheel and also on the rear of the car. As soon as the system is connected, it continuously considers the environmental conditions. In its analysis, the system detects different elements such as the lines of the road, whether it is a curved or straight path, traffic and side obstacles. In addition, to be able to carry out the most effective obstacle avoidance possible, it has a system that differentiates fixed obstacles from mobile obstacles.

When it detects an obstacle, the system always considers the frontal distance that exists with it, which will allow the determination of the type of evasion to be carried out: braking, steering or steering combined with braking. To calculate the distance needed in each case, not only the initial distance between the obstacle and the vehicle is taken into account, but the obstacle's direction and speed are also considered. If there is enough space to brake the vehicle safely and comfortably, it will do so. Otherwise, the system detects the vehicle's steering angle and direction, considers the lateral distance necessary to safely avoid obstacles and determines the possibility of making a lane change. Also, the possible presence of obstacles subsequent to the one being avoided is taken into account, in order to make the most comfortable change of

direction. If the *TGZ System* determines that the change of trajectory is possible, it executes it.

Before executing the required steering action, it is necessary to check that it is possible to do so. Steering too sharply at high speeds can have unexpected results. The distance and relative speed sensors between the vehicle and the obstacle and the distance and relative speed sensors between the vehicle and fixed elements of the environment, will help determine the possible trajectories the vehicle has to follow to avoid the obstacle. The vehicle's steering angle sensor determines δ_{measured} , the steering angle the vehicle has before shifting. When the path to be followed by the vehicle is determined, the angle required to follow that path with rotation, δ_{expected} , is calculated. Depending on the structure and characteristics of the vehicle, a relationship is determined between the two angles, that allows the change of direction to be physically and mechanically possible.

Should the primary turning system fail due to any mishap, a secondary steering system, based on differential braking, is incorporated to minimize the negative effects of the collision.

The *TGZ System* is not a complete autonomous driving system, where all decisions are made by the vehicle, it requires of the presence of a driver to monitor the movements and maneuvers that are carried out. Therefore, if the driver interferes in opposition to the maneuver calculated by the system, he is given control of the vehicle. Therefore, the system is equipped with a warning method to inform the driver that it is about to connect manual driving.

Finally, if no obstacles are detected on the road, but the *TGZ System* detects an unusual activity from the driver or a road that it considers dangerous, it has an emergency braking system.

Throughout the creation of the *TGZ System*, various eventualities and real situations are taken into consideration. As a result, we proceed to the modeling of the four practical cases raised to verify the effectiveness of the system and how it responds to the situations raised. The four proposed maneuvers are:

- Moving obstacle, A
- Fixed obstacle, B
- Moving obstacle coming towards the vehicle, C
- Pedestrian crossing, D

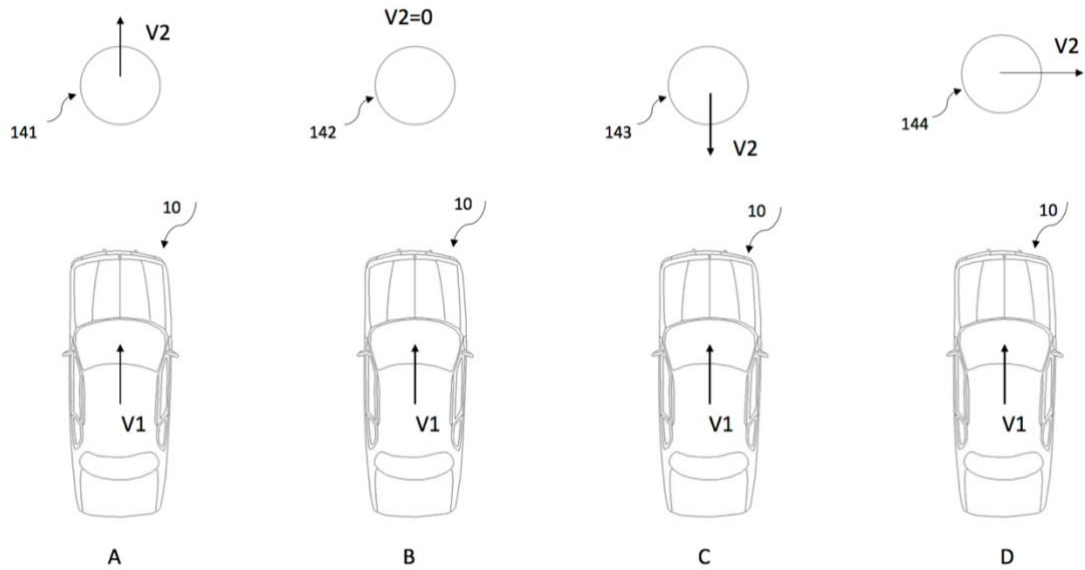


Figure 6. Possible obstacles. Source: compiled by author

Specifically, it is checked whether in each case the maximum turn that the vehicle has to make to avoid the obstacle is plausible. The simulation is carried out in a specialized software, Matlab and Simulink.

What is more, it is essential to analyze the economic aspect of patents in order to evaluate the business plan of the invention. The economic investment required for a patent application is investigated and the economic aspects of the autonomous driving market and the possible income that can be obtained from its exploitation are also taken into consideration.

4. Conclusions

An autonomous driving model has been developed. Specifically, it is a control system of a steering system capable of:

- Detecting obstacles,
- Determining an effective avoidance trajectory,
- Carrying out an analysis of the viability of said avoidance.

By simulating the *TGZ System* in Matlab and Simulink, different real situations have been analyzed, posing various practical cases. It has been verified that, indeed, the trajectory changes proposed by the system are possible, since they comply with the feasibility conditions proposed. This allows us to demonstrate that the conditions of novelty, industrial applicability and inventive step, necessary to apply for a patent, are met.

Once it has been demonstrated that the patentability conditions are met, the process of applying for the patent of the *TGZ System* begins. For economic reasons, a utility model is requested instead of a patent. Thus, on April 28, 2021, following the guidelines set by the Spanish Patent and Trademark Office and specifically the Patent Law 24/2015 of July 24, the application number U202100187 of the utility model entitled System of autonomous driving of vehicles is obtained.

Agradecimientos

Me gustaría dar las gracias a mi director, Dr. Antonio García y de Garmendia, por hacer posible este proyecto y su gran atención y ayuda. También, a mi padre, por transmitirme su pasión y junto, con mi madre, ser siempre el mejor de los apoyos.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción.....	6
1.1 Motivación	6
1.2 Objetivos	7
1.3 Metodología de trabajo	8
Capítulo 2. Estado del Arte	10
2.1 La conducción autónoma	10
2.1.1 Clasificación de la conducción autónoma	10
2.1.2 Sectores en conducción autónoma	12
2.2 Patentes: Elemento de transmisión de conocimiento	13
2.3 Actualidad de las patentes de conducción autónoma	14
2.3.1 Evolución según el sector tecnológico	15
2.3.2 Países solicitantes de patentes	16
2.3.3 Empresas importantes en el sector	18
2.4 Enfoque del estudio	19
2.5 Estudio de las patentes de conducción autónoma	22
2.5.1 Patentes de conducción autónoma seleccionadas	28
2.6 Conclusiones	32
Capítulo 3. Sistema TGZ.....	35
3.1 Introducción al Sistema TGZ	35
3.2 Funcionamiento del sistema	36
3.2.1 Análisis del entorno	38
3.2.2 Proceso 1	39
3.2.3 Proceso 2	43
3.2.4 Proceso 3	44
3.3 Conclusiones	61
Capítulo 4. Simulación.....	63
4.1 Escenario de la evasión	63
4.1.1 Sensores del vehículo	64
4.1.2 Modelo del vehículo	67

4.2	Codificación de eventos	68
4.2.1	<i>Creación de la zona de seguridad</i>	68
4.3	Maniobra 1: Obstáculo fijo	69
4.4	Maniobra 2: Obstáculo móvil	73
4.5	Maniobra 3: Peatón cruzando	76
4.6	Maniobra 4: Obstáculo móvil aproximándose al vehículo	79
4.7	Conclusiones	81
Capítulo 5. Introducción a la propiedad intelectual.....		82
5.1	Las Patentes	82
5.2	Aspecto jurídico de las patentes.....	83
5.3	Aspecto económico de las patentes.....	84
5.4	Otras formas de propiedad industrial.....	86
5.5	U202100187.....	86
5.6	Proceso de solicitud de patentes o modelos de utilidad.....	88
5.7	Protección de Patentes en el extranjero.....	89
5.8	Conclusiones	90
Capítulo 6. Consideraciones económicas.....		91
6.1	Valor de patentes o modelos de utilidad	91
6.2	Análisis del mercado	93
6.3	Valoración por ingresos potenciales	96
6.4	Conclusiones	99
Capítulo 7. Conclusiones y Trabajos Futuros.....		100
7.1	Resultados	100
7.2	Futuras líneas de investigación	101
Capítulo 8. Bibliografía.....		103
Bibliografía de Patentes.....		108
ANEXO I. Modelo de utilidad.....		126

Índice de figuras

Figura 1. Evolución de patentes internacionales relacionadas con la 4IR vs otras tecnologías. Fuente: Patentes y la cuarta revolución industrial, EPO, 2017.	14
Figura 2. Crecimiento del número de solicitudes de conducción autónoma. Fuente: Elaboración propia.	15
Figura 3. Evolución según sector tecnológico. Fuente: Patentes y vehículos autónomos, EPO, 2018.	16
Figura 4. Países solicitantes. Fuente: Elaboración propia.	17
Figura 5. Países Europeos solicitantes. Fuente: Elaboración propia.	17
Figura 6. Empresas solicitantes. Fuente: Patentes y vehículos autónomos, EPO, 2018.	19
Figura 7. Origen de las Patentes estudiadas. Fuente: Elaboración propia.	21
Figura 8. Empresas solicitantes. Fuente: Elaboración propia.	22
Figura 9. Clasificación de patentes analizadas. Fuente: Elaboración propia.	23
Figura 10. Cluster analysis de sistemas de evasión de obstáculos. Fuente: Elaboración propia.	27
Figura 11. Fases de los sistemas de evasión de obstáculos. Fuente: Elaboración propia. ..	31
Figura 12. Estructura básica de sistemas de evasión de obstáculos. Fuente: Elaboración propia.	32
Figura 13. Vehículo y elementos que componen el sistema. Fuente: Elaboración propia..	36
Figura 14. Diagrama de flujo de la invención. Fuente: Elaboración propia	37
Figura 15. Diagrama de flujo Análisis del entorno. Fuente: Elaboración propia.	38
Figura 16. Posibles obstáculos. Fuente: Elaboración propia.	40
Figura 17. Diagrama de flujo Proceso 1. Fuente: Elaboración propia.	42
Figura 18. Diagrama de flujo Proceso 2. Fuente: Elaboración propia.	43
Figura 19. Diagrama de flujo Proceso 3. Fuente: Elaboración propia.	46
Figura 20. Diagrama de flujo distancia lateral necesaria. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 21. Posibles evasiones de obstáculos. Fuente: Elaboración propia.	49

Figura 22. Diagrama de flujo de la determinación del tipo de evasión. Fuente: Elaboración propia.....	50
Figura 23. Distintas evasiones del obstáculo. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 24. Trayectoria de la evasión. Fuente: Elaboración propia.....	52
Figura 25. Diagrama de flujo de la viabilidad de la evasión. Fuente: Elaboración propia.	55
Figura 26. Ángulo a bajas velocidades. Fuente: Elaboración propia.	56
Figura 27. Modelo bicicleta y ángulo a altas velocidades. Fuente: Elaboración propia.	57
Figura 28. Relación ángulo de giro-Velocidad. Fuente: Elaboración propia.....	61
Figura 29. Escenario de la evasión. Fuente: Elaboración propia.	64
Figura 30. Colocación de los sensores. Fuente: Elaboración propia.....	66
Figura 31. Rango de visión de los sensores. Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 32. Zona de seguridad entorno al obstáculo. Fuente: elaboración propia.....	69
Figura 33. Situación inicial Maniobra 1. Fuente: Elaboración propia.	70
Figura 34. Situación final Maniobra 1. Fuente: Elaboración propia.	71
Figura 35. Variables de entrada y salida Maniobra 1. Fuente: Elaboración propia.	72
Figura 36. Situación inicial Maniobra 2. Fuente: Elaboración propia.	74
Figura 37. Situación final Maniobra 2. Fuente: Elaboración propia.	75
Figura 38. Variables de entrada y salida Maniobra 2. Fuente: Elaboración propia.	76
Figura 39. Situación inicial Maniobra 3. Fuente: Elaboración propia.	77
Figura 40. Situación final Maniobra 3. Fuente: Elaboración propia.	78
Figura 41. Variables de entrada y salida Maniobra 3. Fuente: Elaboración propia.	79
Figura 42. Situación final Maniobra 4. Fuente: Elaboración propia.	80
Figura 43. Variables de entrada y salida Maniobra 4. Fuente: Elaboración propia.	81
Figura 44. Solicitud del modelo de utilidad. Fuente: Elaboración propia.....	87
Figura 45. Diagrama de flujo del proceso de solicitud de patentes. Fuente: Elaboración propia.....	89
Figura 46. Metodologías para obtener el valor de la patente. Fuente: Elaboración Propia.	92
Figura 47. Ventas esperadas. Fuente: Elaboración propia.	97

Índice de tablas

Tabla 1. Niveles de conducción autónoma. Fuente: Elaboración Propia.....	11
Tabla 2. Clasificación de patentes. Fuente: Elaboración propia.	20
Tabla 3. Patentes utilizadas en el proyecto. Fuente: Elaboración propia.....	29
Tabla 4. Tasas para la obtención de una patente. Fuente: Elaboración propia.	85
Tabla 5. Enfoques de valoración y métodos de valoración. Fuente: Elaboración propia ...	93
Tabla 6. Recaudaciones de startups. Fuente: Elaboración propia.	95
Tabla 7. Valorización de la patente. Fuente: Elaboración propia.	98

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIÓN

El desplazarse por medio de un vehículo, conduciéndolo, es un aspecto fundamental de nuestra vida desde hace tiempo. No solo es un factor imprescindible en el movimiento de personas, si no también de mercancías. Sin embargo, a pesar de las muchas ventajas que tiene, hay que destacar que existen muchas desventajas en la conducción por parte de personas.

No todas las personas que circulan por la carretera lo hacen de una forma segura y responsable. Existe un gran número de factores que pueden afectar al manejo de un vehículo en la carretera. Algunos de ellos dependen totalmente de la responsabilidad del conductor como las drogas o el alcohol, pero, otros son indirectos como pueden ser los efectos secundarios de medicamentos, el cansancio o la fatiga tras un largo día de trabajo. No todo el mundo es consciente de los riesgos que puede tener una mala actividad al volante tanto para ellos mismos como para todos los que les rodean. Por todo esto, la seguridad vial depende en gran manera de eliminar o al menos minimizar el factor humano, ya que es el responsable del 80%¹ de los accidentes.

Otro aspecto negativo de la conducción es la existencia de numerosos colectivos que no disponen de la capacidad para conducir. Para poder conducir de forma segura, se requiere de un buen estado físico que, en el caso de personas de avanzada edad, con movilidad reducida o incluso con limitaciones de visión se puede ver comprometido.

La conducción autónoma que está en auge en la actualidad proporciona una solución a las desventajas de la conducción anteriormente expuestas. Una conducción totalmente automatizada puede reducir el número de accidentes en la calzada de forma exponencial pues se eliminaría el factor humano. También, la movilidad aumentaría ya que, al no

¹ DGT,2020

requerir acción del conductor, todas aquellas personas que se veían limitadas para conducir podrían desplazarse sin peligro alguno de forma rápida y eficaz.

Existen muchas otras ventajas de la conducción autónoma como un aprovechamiento del tiempo por parte de los pasajeros. Si ya no se requiere que presten atención a lo que sucede en la carretera, pueden utilizar el tiempo de viaje para descansar o hacer otras actividades de interés como trabajar, leer o ver una película. Otra gran ventaja es el ahorro de energía que supone una conducción totalmente automatizada. Si todos los vehículos estuviesen en contacto los unos con los otros, realizando continuos análisis del entorno y de los vehículos que les rodean, y, por consiguiente, calculando las trayectorias más efectivas para llegar al destino, el número de aceleraciones y deceleraciones se vería reducido. Así, se conseguiría hacer un consumo más eficaz y responsable del carburante además de conseguir una conducción más eficiente reduciendo las concentraciones y atascos.

Sin embargo, por muy avanzada que esté la conducción autónoma hoy en día, si todavía no se ha implementado es porque quedan aspectos que se deben mejorar y perfeccionar.

Este proyecto pretende otorgar al alumno la capacidad de poder estudiar el mercado de las invenciones ya existente mediante el estudio de patentes. Posteriormente, mediante el estudio de los aspectos legales y jurídicos de las patentes, utilizar la capacidad inventiva del alumno para crear una invención propia. Así, se le habilita con la facultad de realizar un nuevo proceso de investigación que no se ha puesto en práctica antes, a la vez que crea algo realmente útil para la sociedad.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto es la creación de un sistema viable de conducción autónoma, capaz de detectar obstáculos en la calzada, calcular una ruta alternativa y ejecutar dicho cambio de trayectoria teniendo en cuenta las condiciones del entorno.

Posteriormente, se procederá a modelar el sistema mediante el uso de un software especializado y se hará un plan financiero para valorar la viabilidad económica de la invención.

Para conocer el estado del arte, se hará uso de las patentes, analizándolas como elemento de transmisión de conocimiento al público. Es objetivo adquirir un claro conocimiento de los sistemas de conducción no tripulados. Por qué ha surgido la conducción autónoma, su historia y entender y aceptar las ventajas e inconvenientes que va a suponer, comprendiendo el funcionamiento de estos sistemas. La idea general es “conducción autónoma”, pero este concepto resulta ser tremendamente complejo y extenso, por lo que es imprescindible centrarse en un aspecto determinado.

Una vez el sistema esté diseñado, es objetivo proteger el modelo mediante la obtención de una patente. Para ello, se destacan dos objetivos de aprendizaje adicionales:

- Estudiar el aspecto jurídico de las patentes.
- Conocer el aspecto económico de las patentes para poder evaluar el plan de negocio.

1.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Dado que el proyecto consiste en crear y patentar un determinado sistema de conducción autónoma, la metodología empleada empieza por el estudio y análisis de patentes ya registradas. Tras la creación del sistema propio, se realizará un modelado del sistema y una extracción de conclusiones con una verificación final.

La fase de estudio de patentes es absolutamente necesaria. Es la fase de investigación que permite conocer de forma más detallada esta tecnología y que nos da una visión de cómo de avanzada está. Se trata de unos tipos de invención relativamente recientes. Para asegurar el uso de una documentación fiable, se ha usado la base de datos de patentes y solicitud de patentes de *Google patents*.

Con su estudio, podremos profundizar en las creaciones que ya están en el mercado y así poder desarrollar un modelo propio. Analizaremos qué hace a cada patente distinta de las demás, comprobando qué novedades aporta y considerando sus posibles defectos y/o carencias.

Como fase inicial de la investigación, se lleva a cabo una primera lectura y clasificación de las distintas patentes relacionadas con el tema de conducción autónoma. En base a esta lectura, se discriminan las patentes relacionadas con temas que no son relevantes y se seleccionan aquellas que permiten un mayor desarrollo de la invención. Se busca dónde existe un hueco para inventar algo que aporte valor añadido a lo que ya existe.

De una primera selección de 100 patentes, se pasa a las 30 que tratan en términos generales, la idea de evasión de accidentes y a continuación, se reduce la lista a tan solo 10 patentes. Estas últimas son las más relacionadas con la idea planteada y son las que nos ayudarán a encarrilar el proyecto.

De las patentes seleccionadas, como se ha mencionado anteriormente, se analizan las aportaciones, pero sobretodo sus carencias. De cada patente nos fijamos en el problema específico que trata de resolver y el núcleo de su investigación. El proceso de estudio se encuentra en el Capítulo 2.

A continuación, se diseña un modelo propio de sistema de conducción autónoma, útil en distintos escenarios y situaciones en las que pueda intervenir, comprobando su efectividad. El desarrollo de dicho sistema, *Sistema TGZ*, se elaborará en el Capítulo 3 y su simulación en un software especializado en el Capítulo 4.

Tras la creación del sistema propia, se procede a solicitar una patente. En el Capítulo 5 se analizarán las patentes, los requisitos de patentabilidad y el proceso de solicitud de estas. Por último, en el Capítulo 6 se presentará un plan financiero para valorar viabilidad económica de la invención. Se comprueba que nuestra invención no coincide con una ya existente y finalmente se extraen conclusiones que se expondrán en el Capítulo 7.

Capítulo 2. ESTADO DEL ARTE

La automatización se ha convertido en la base de numerosos procesos industriales. Cada vez son más las aplicaciones industriales que tratan de liberar de carga al operario y muchas incluso prescinden completamente de intervención humana. A lo largo de este Capítulo, se realizará un estudio de la conducción autónoma y las distintas ramas que existen. Además, se analizará el Estado de Arte actual mediante el estudio en patentes ya existentes centrándose en un aspecto de la conducción autónoma determinado.

2.1 LA CONDUCCIÓN AUTÓNOMA

La conducción autónoma no es un sueño lejano. Su incorporación a nuestras vidas supone una realidad que ya viene dándose desde hace unos años. Es fácil encontrar vehículos en el mercado con controles de cambio de carril, sistemas de velocidad crucero, incluso vehículos que pueden aparcar solos. Sin embargo, a la conducción totalmente automatizada, le queda mucho camino por andar.

2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LA CONDUCCIÓN AUTÓNOMA

La SAE², creó en 2014 un sistema de clasificación de la conducción autónoma en seis niveles de automatización. Este sistema de clasificación se ha generalizado y universalizado y es el que se toma como referencia en todas las empresas del sector.

Se trata de un sistema de clasificación basado en cuatro preguntas básicas, ¿quién se encarga del movimiento del vehículo?, ¿quién se encarga de la detección y respuesta?, ¿quién se encarga del respaldo de la conducción? y ¿en qué condiciones (climatológicas, tipo de carretera, ...), se encuentra el vehículo?

² Sociedad de Ingenieros Automotrices, 2021

A continuación, se muestra una tabla en la que se pueden ver los seis niveles de conducción autónoma. El menor está basado en un sistema con pequeñas ayudas y el mayor, libera totalmente al conductor de la responsabilidad que recae sobre él.

NIVEL 5 Automatización completa	Los vehículos con el más alto nivel de automatización se conducen de forma autónoma en todo momento y en todas las condiciones. No se requiere de intervención humana en ningún momento.
NIVEL 4 Alta automatización	El nivel 4 esta formado por vehículos con alta autonomía. El vehículo tiene alta conectividad con el medio, y cuenta con sistemas de detección y respuesta ante obstáculos los cuales permiten al conductor no estar atento a la conducción. Sin embargo, la conectividad con el medio no se puede asegurar en todas partes y en zonas peligrosas el conductor no deberá estar atento y tomar el control del vehículo si no que el propio vehículo tiene un sistema de respaldo.
NIVEL 3 Automatización condicional	La autonomía condicional la componen vehículos que pueden ser autónomos en algunos tramos de la carretera. Sin embargo, solo en determinadas condiciones ambientales o de tráfico. El vehículo está equipado con sensores que permiten cierta percepción del entorno e identificación de objetos que permite la localización del vehículo en su entorno inmediato. El conductor debe estar preparado para intervenir en todo momento, ya que el vehículo podría pasarle el control inesperadamente bajo ciertas condiciones.
NIVEL 2 Automatización parcial	Los vehículos con autonomía parcial utilizan dos o más sistemas de asistencia que funcionan en paralelo. Por ejemplo, el control de cruce adaptativo y mantenimiento de carril. El conductor sigue siendo conductor y recaen sobre el la mayor parte de las tareas.
NIVEL 1 Asistencia al conductor	Los vehículos con asistencia al conductor se basan en la asistencia de un solo sistema y suele estar limitado a ciertas condiciones específicas. Por ejemplo, el control de velocidad adaptativo. El conductor sigue siendo conductor y recaen sobre el la mayor parte de las tareas.
NIVEL 0 Sin automatización	Los vehículos de nivel 0 son vehículos que tienen algunos sistemas automáticos, pero no existe automatización de la conducción. Todas las tareas recaen sobre el conductor.

Tabla 1. Niveles de conducción autónoma. Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la clasificación, los vehículos que nos podemos encontrar hoy en día en el mercado se encuentran entre el Nivel 0 y el Nivel 3. Son vehículos que otorgan cierta carga de responsabilidad al vehículo, pero en ningún caso prescinden del conductor.

2.1.2 SECTORES EN CONDUCCIÓN AUTÓNOMA

Por otro lado, en el mundo de la conducción autónoma, los estudios que se realizan se dividen en dos grandes grupos; el primer sector o plataforma de vehículos automatizados y el segundo sector o entorno inteligente².

- **El primer sector;** plataforma de vehículos automatizados. Abarca tecnologías que están incorporadas en el propio vehículo. Consta de tres campos: (i) percepción, análisis y decisión, (ii) manejo de vehículos y las (iii) tecnologías informáticas subyacentes.
- **El segundo sector;** el entorno inteligente. Comprende tecnologías que permiten a los vehículos automatizados interactuar entre sí y con su entorno. Consta de dos campos: tecnologías de la comunicación y logística inteligente.

Como se puede apreciar, la tecnología está muy avanzada, sin embargo, se destacan dos problemas principales a la hora de la implantación de la conducción totalmente automatizada:

- El **primero**, es que se requiere una gran inversión de capital y de mano de obra cualificada en la adaptación de estructuras. Una conducción totalmente automatizada requiere que los vehículos estén equipados con sensores y radares. De esta forma captan el entorno que les rodea y pueden comunicarse los unos con los otros. Otro aspecto fundamental es que también interactúen con otras infraestructuras como pueden ser los semáforos.
- El **segundo** problema, son las limitaciones que pueden encontrarse en el ámbito legal. La conducción autónoma está creciendo a un ritmo exponencial lo cual no se corresponde con el ritmo de avance de la legislación. Muchos países, entre ellos España, todavía tienen un largo camino por delante pues la falta de una normativa clara impide la implementación de la conducción totalmente autónoma. En

concreto, hay que tener en cuenta leyes relacionadas con la responsabilidad civil y la responsabilidad penal. En un caso habitual, la responsabilidad ante un accidente se puede atribuir al conductor, pero si ya no disponemos de conductor, ¿quién es responsable del accidente?, ¿la empresa que fabrica el vehículo?, estas son unas de las muchas preguntas que todavía quedan por resolver.

Existen otros contratiempos secundarios en el ámbito de la conducción autónoma, como pueden ser el mantenimiento de las infraestructuras y de los propios vehículos. La automatización es un avance industrial complejo compuesto por la relación de componentes mecánicos y electrónicos que necesitan una revisión constante. Por otro lado, se plantean problemas de ciberseguridad. Los vehículos estarían guiados por sistemas electrónicos expuestos a distintas posibilidades de ataque³.

2.2 PATENTES: ELEMENTO DE TRANSMISIÓN DE CONOCIMIENTO

Analizar las patentes como elemento de transmisión de conocimiento al público nos ayudará a conocer el Estado del Arte. Las patentes son una forma de dar a conocer ideas e inventos, estando protegidos por una serie de normas.

Para trabajar con las patentes, es fundamental conocer su sistema de clasificación. El más habitual es la Clasificación Internacional de Patentes (CIP o IPC en inglés)⁴ establecido por el Acuerdo de Estrasburgo de 1971. Este sistema proporciona un sistema jerárquico de símbolos, independientemente del idioma, para la clasificación de patentes y modelos de utilidad de acuerdo con las diferentes áreas de la tecnología a las que pertenecen. Cada año el 1 de enero entra en vigor una nueva versión de la CIP.

Existen otros sistemas habituales como la Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC)⁵ que consiste en la unión de la Oficina Europea de Patentes (EPO) y la de Estados Unidos

³ Lancaster University Case Study, 'Self-driving cars, a case in making new markets', 2012

⁴ Organización mundial de la Propiedad Intelectual, 2020

⁵ Espacenet, 2020

de América (USPTO). Europa, por su lado, dispone de su propio sistema de clasificación de patentes (ECLA)⁴.

2.3 ACTUALIDAD DE LAS PATENTES DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA

Las empresas de software y de automoción, llevan años invirtiendo ingentes cantidades de capital en esta tecnología y se espera que la comercialización de estos vehículos empiece en 2025, en plena cuarta revolución industrial (4IR)⁶.

Como se puede apreciar en el gráfico de la Figura 1, entre el año 2000 y 2018, las familias de patentes internacionales (IPF⁷), han crecido un 20% más rápido en tecnologías relacionadas con la cuarta revolución industrial que en cualquier otra tecnología. Estas tecnologías consisten en sistemas inalámbricos de conexión a internet más rápidos, sistemas de big data, inteligencia artificial y muchos más, que están revolucionando nuestras vidas en numerosos campos desde la medicina hasta el transporte.

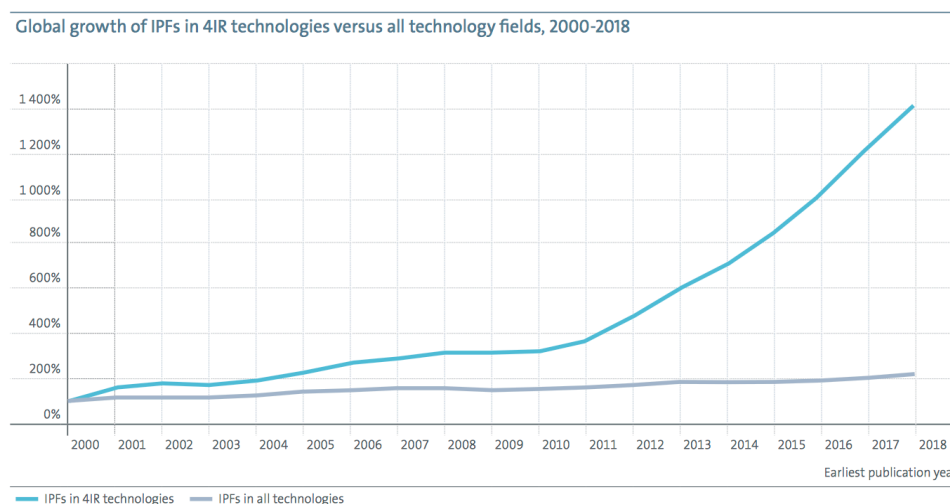


Figura 1. Evolución de patentes internacionales relacionadas con la 4IR vs otras tecnologías. Fuente: *Patentes y la cuarta revolución industrial, EPO, 2017.*

⁶ *Patentes y la Cuarta Revolución Industrial*, EPO, 2017

⁷ International Patent Families

Como se ha explicado anteriormente, el funcionamiento de los vehículos autónomos se centra en la transmisión de datos, para lo cual tienen que estar continuamente conectados los unos a los otros. Por ello, el desarrollo de las tecnologías de la cuarta revolución industrial viene de la mano con el desarrollo de la conducción autónoma. Como resultado, en la última década, se ha producido un aumento importante en el número de patentes publicadas sobre conducción autónoma en la EPO⁸. El estudio centrado en estas tecnologías crece a un ritmo de cinco veces más que cualquier otra rama tecnológica.

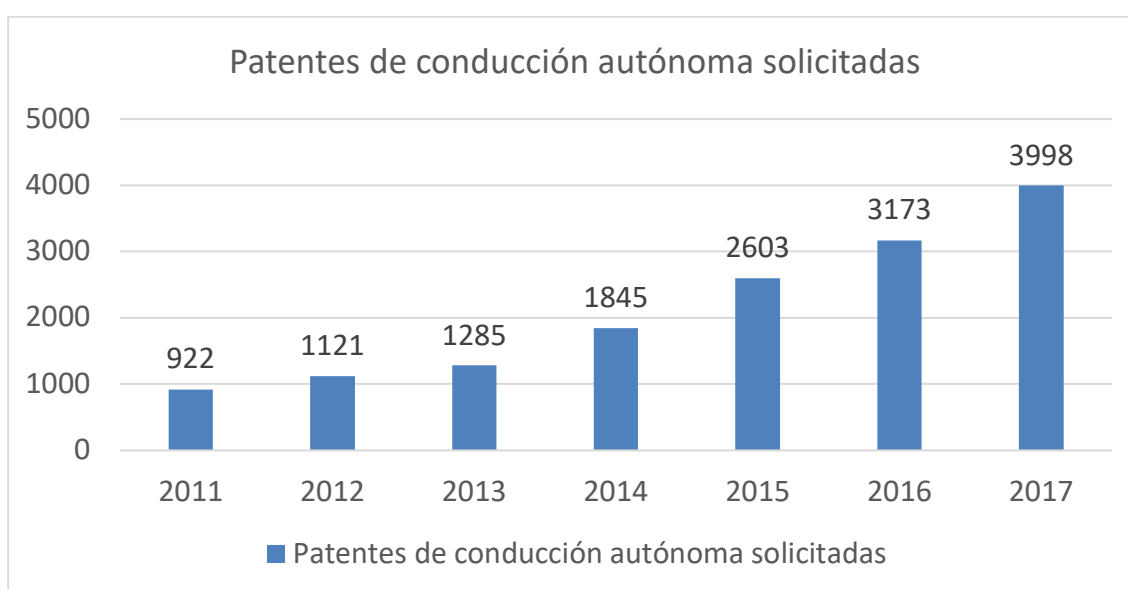


Figura 2. Crecimiento del número de solicitudes de conducción autónoma. Fuente: Elaboración propia.

2.3.1 EVOLUCIÓN SEGÚN EL SECTOR TECNOLÓGICO

Dentro del desarrollo de conducción autónoma, conviene destacar que no todas las tecnologías han evolucionado de la misma manera. El departamento en el que más se ha trabajado estos últimos años es el departamento de percepción, análisis y decisión, seguido del de comunicación. Estos departamentos se caracterizan por la inteligencia

⁸ Patentes y Vehículos Autónomos, EPO, 2018

artificial que, como se ha mencionado anteriormente, está en auge y es la base de los principios básicos en los que se basaría una conducción totalmente automatizada.

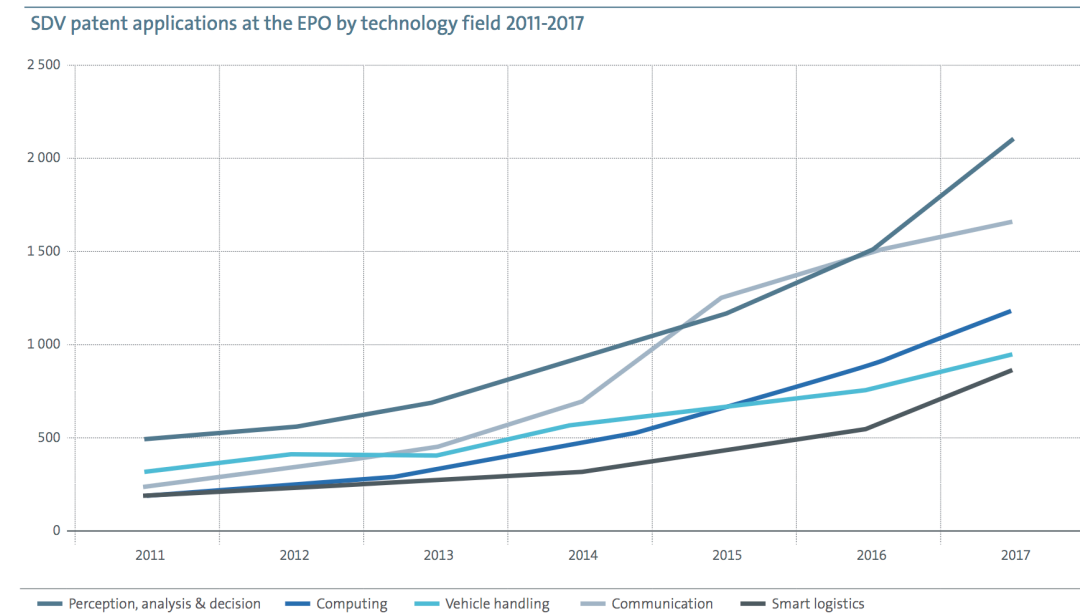


Figura 3. Evolución según sector tecnológico. Fuente: Patentes y vehículos autónomos, EPO, 2018.

2.3.2 PAÍSES SOLICITANTES DE PATENTES

Existe una gran variedad de países solicitantes de patentes relacionadas con la conducción autónoma. Como se puede ver en el gráfico, Europa (EPC) es el mayor solicitante seguido por Estados Unidos (US). A continuación, se destacan países asiáticos, Japón (JP), Corea (KR) y China (CN) que poco a poco se van poniendo al mismo nivel.

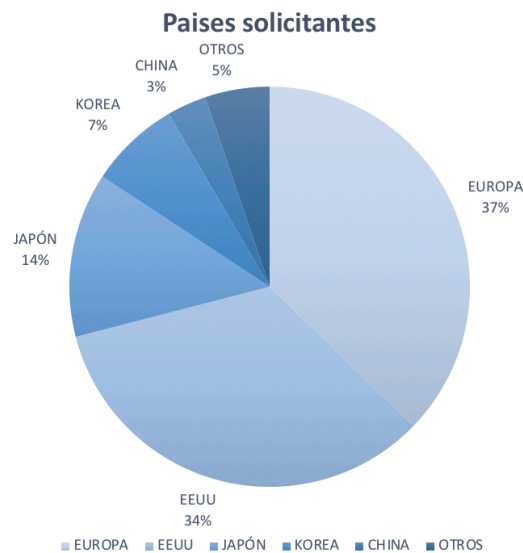


Figura 4. Países solicitantes. Fuente: Elaboración propia.

En Europa, Alemania es el país líder y el más activo en cuando a solicitud de patentes relacionadas con la conducción autónoma.

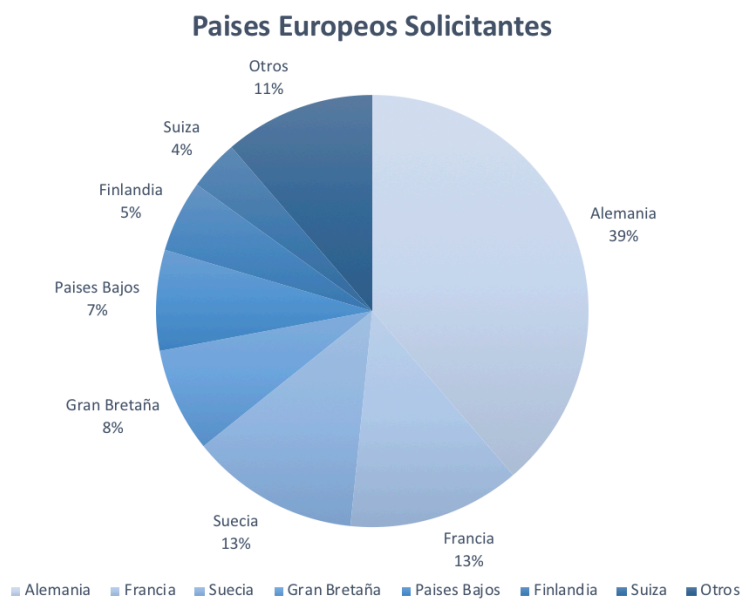


Figura 5. Países Europeos solicitantes. Fuente: Elaboración propia.

Ante estos datos, destacamos que Estados Unidos es el país más avanzado en cuanto a la legislación de coche autónomo. En España, todavía se esperan muchos cambios que favorezcan el desarrollo de estas tecnologías. Existen otros mercados, como Hispanoamérica y diversos países de Europa, que todavía necesitan periodos de adaptación al increíble desarrollo que ha supuesto la conducción autónoma.

2.3.3 EMPRESAS IMPORTANTES EN EL SECTOR

El desarrollo de la conducción autónoma puede ser la puerta a un cambio total de la industria tal y como la conocemos.

Sorprendentemente, el estudio proporcionado por la EPO muestra que la mayor parte de las empresas solicitantes de patentes no son empresas especializadas en la automoción. En el rango de años de 2011 a 2017, la empresa líder ha sido Samsung la cual solicitó 624 patentes seguida de Intel Corp con 590 solicitudes. Ambas empresas son multinacionales electrónicas. Como se ha mencionado anteriormente, el desarrollo de la conducción autónoma va directamente ligada al desarrollo de las tecnologías de la cuarta revolución industrial y aquí se puede apreciar claramente. Además, de las 25 empresas que más solicitudes realizaron de patentes de conducción autónoma, tan solo 5 de ellas son compañías del sector automovilístico, en concreto: Toyota Motor Corp., Volvo AB, Nissan Motor Company, Audi y Honda Motor Company.

Top 25 SDV applicants at the EPO 2011-2017

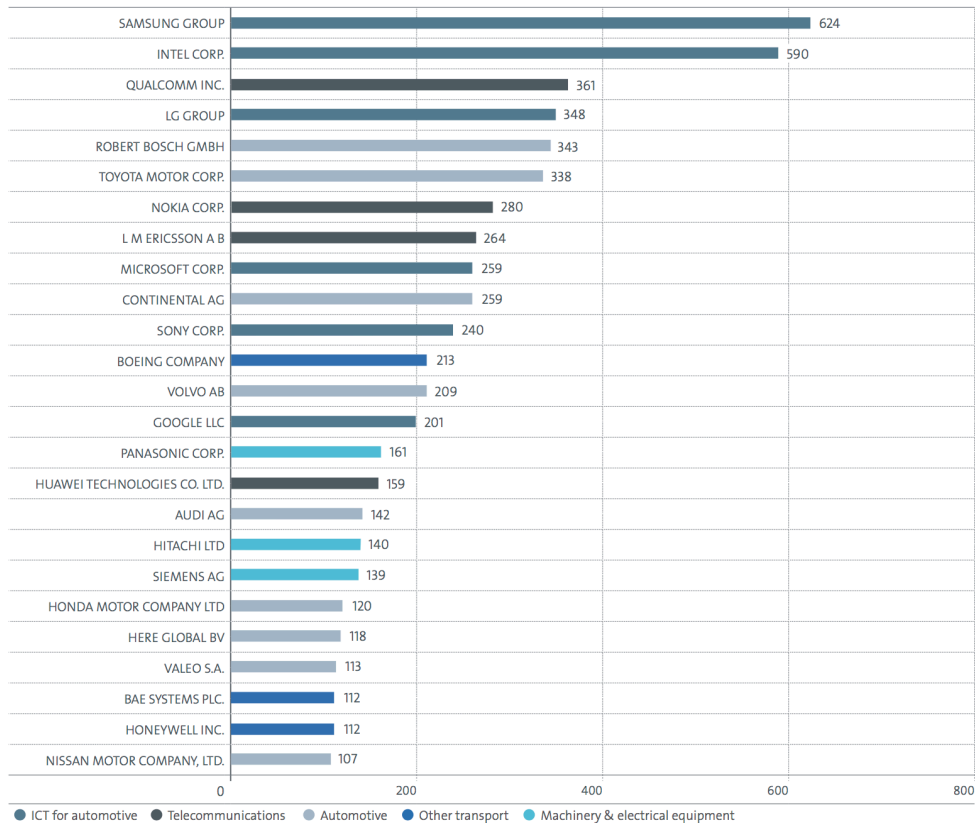


Figura 6. Empresas solicitantes. Fuente: Patentes y vehículos autónomos, EPO, 2018.

2.4 ENFOQUE DEL ESTUDIO

Una vez entendida la conducción autónoma, sus tendencias y como está evolucionando, se procede al estudio de las invenciones existentes en el presente. Para poder llevar a cabo el análisis se hace uso de las patentes de *Google patents*.

Como se ha visto antes, la conducción autónoma es muy amplia por lo que es necesario limitar el análisis, pues existen numerosos núcleos de investigación centrados en el estudio de estos sistemas.

Como fase inicial, se empieza por buscar y analizar patentes de conducción autónoma en general y una vez leídas unas pocas, se orienta el proyecto a una rama específica de esta tecnología tan amplia, en concreto, al sistema de conducción autónoma de vehículos, que se activa en caso de posible colisión. De esta forma, se consigue reducir el número de

patentes disponibles a un número que permita un mayor control y se podrán leer y resumir las patentes necesarias con un mayor nivel de detalle. Se limita la lectura de patentes a 100 y de estas, se clasifican distintos tipos de sistema de evasión de obstáculos. Toda esta información queda registrada en un documento Excel.

Como se muestra a continuación, las patentes se clasifican según: número de publicación, empresa o particular solicitante, apellido del inventor, año de solicitud, año de publicación, problema que intenta resolver, núcleo de la investigación. En la Bibliografía de Patentes se mostrará el estudio de las todas las patentes utilizadas.

Número de publicación	US20140156134A1
Empresa o particular solicitante	Google LLC, Waymo LLC
Apellido del inventor	Cullinane et. al.
Año de solicitud	2012
Año de publicación	2014
Problema que intenta resolver	El problema que se trata es como pasar de conducción manual a conducción autónoma. Para ello, es necesario analizar un conjunto de datos formado por el ambiente en el que se encuentra el vehículo, datos propios del vehículo y de su sistema de funcionamiento y datos del conductor.
Núcleo de la investigación	La investigación se centra en un método que consiste en recibir la instrucción de pasar de conducción manual a conducción autónoma. A continuación, el vehículo analiza la información necesaria y desarrolla una concatenación de pasos para realizar las sucesivas tareas que activan la conducción autónoma.

Tabla 2. Clasificación de patentes. Fuente: Elaboración propia.

De las patentes estudiadas, destacamos que un 66% de ellas son patentes americanas. Esto se corresponde con lo expuesto anteriormente pues EE. UU. es uno de los mayores solicitantes en este ámbito. Un 20% de las patentes restantes proceden de Europa y de este porcentaje, el 60% son patentes alemanas que, como ya se ha visto, es el mayor solicitante en Europa. Finalmente, el 14% restante corresponde a patentes procedentes de Asia, mayoritariamente China.

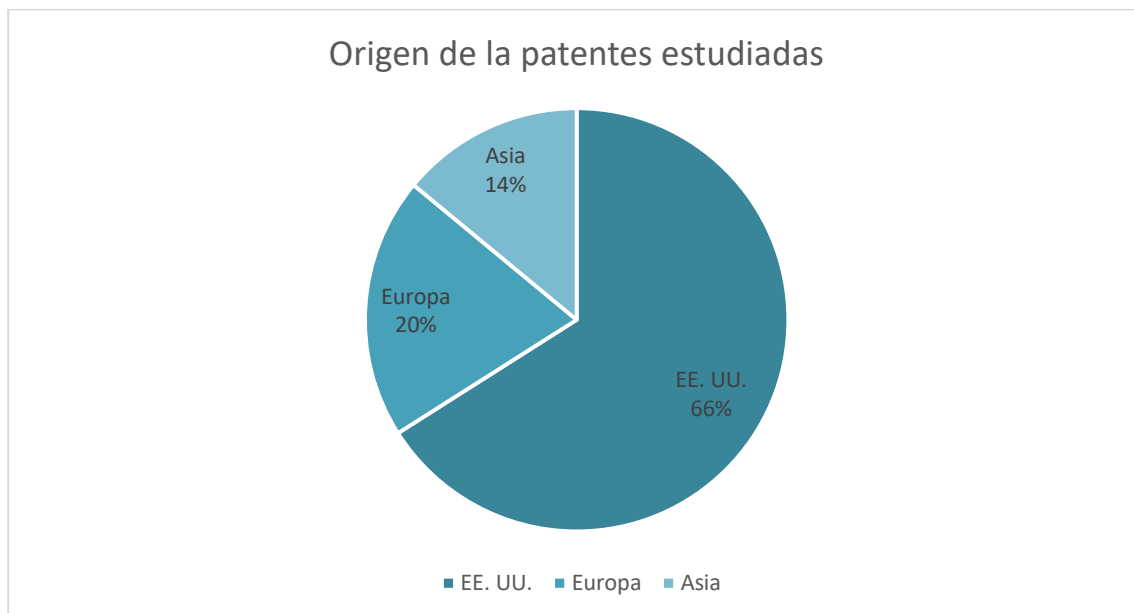


Figura 7. Origen de las Patentes estudiadas. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, tan solo un 44% de las patentes estudiadas pertenecen a empresas de automoción. Las más destacadas entre estas son General Motors, Volvo, Ford y Toyota. El 66% restante son empresas del sector electrónico e informático en especial se destaca Waymo, empresa que desarrolla vehículos autónomos y forma parte del conglomerado Alphabet, Google. Se trata de una de las empresas líderes en el sector al nivel de Tesla y Audi.

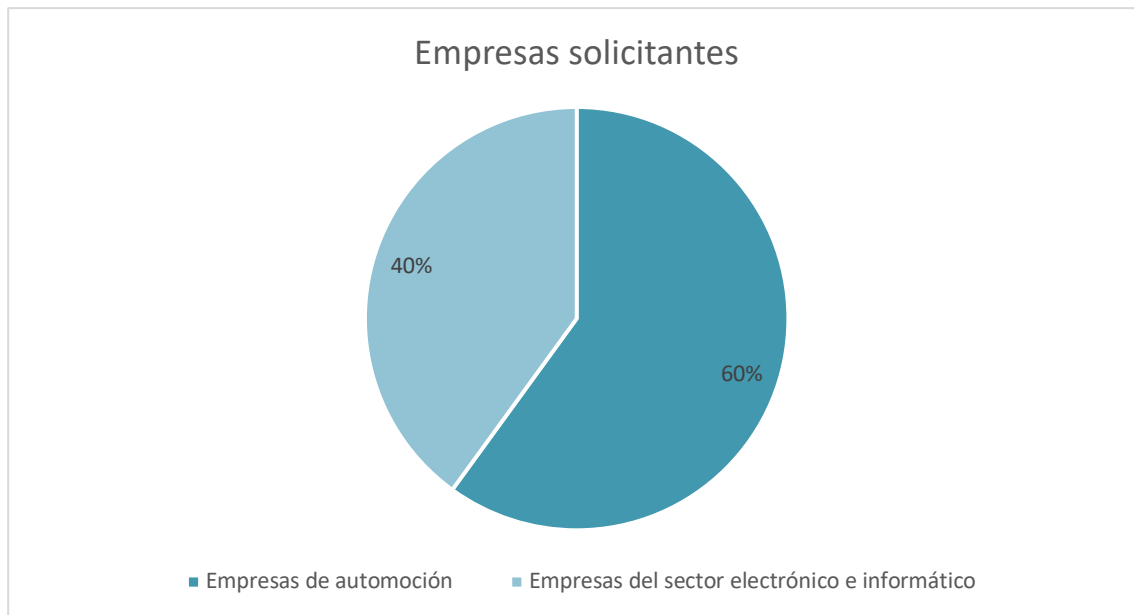


Figura 8. Empresas solicitantes. Fuente: Elaboración propia.

2.5 ESTUDIO DE LAS PATENTES DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA

A medida que se van leyendo las múltiples patentes, se adquiere una imagen más completa de las invenciones ya existentes, de sus características y de las diferencias entre unas patentes y otras.

Como se ha explicado anteriormente, desde un inicio, se guio el estudio de patentes a aquellas relacionadas con la evasión de obstáculos. Aún así, se sigue tratando de un campo de la CA muy amplio. También, a medida que se automatiza más un vehículo, precisa de menos componentes mecánicos y más componentes electrónicos. En la clasificación que se muestra a continuación, se muestra una clasificación de los distintos sistemas de CA que se han visto en las patentes, en blanco las ramas vinculadas a aspectos mecánicos del vehículo mientras que en gris se aprecian los campos de telecomunicación e inteligencia artificial propios de las tecnologías de la 4RI que permiten a los vehículos automatizados interactuar entre sí y con su entorno.

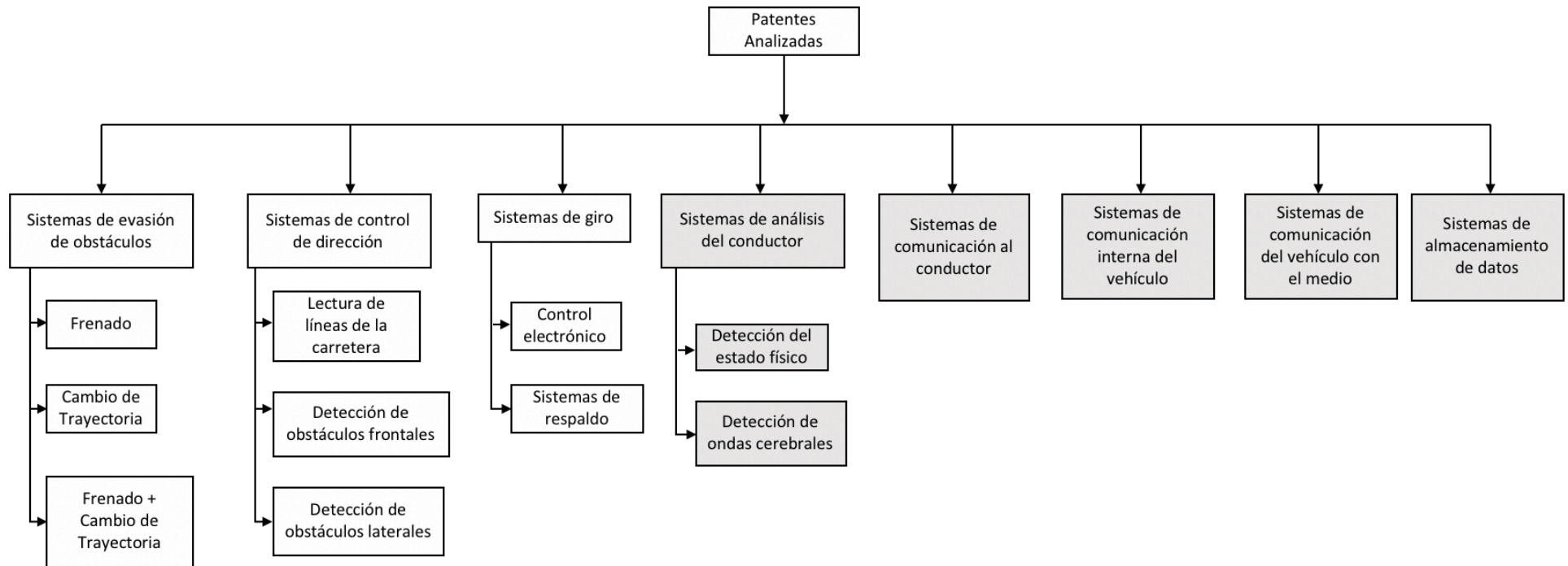


Figura 9. Clasificación de patentes analizadas. Fuente: Elaboración propia.

En este proyecto nos vamos a centrar más en los sistemas correspondientes al primer sector de la conducción autónoma. Este sector abarca los campos de percepción, análisis, decisión y manejo de vehículos.

En primer lugar: según la capacidad y el tiempo de reacción ante la aparición de un obstáculo en la vía, el conductor puede optar por dos formas de evitar el peligro; frenar⁹ y/o evitar la colisión mediante un cambio de trayectoria¹⁰. En situaciones de estrés, lo normal es que solo aplique una de las dos, puesto que la combinación de ambas puede tener resultados catastróficos, como que vuelque el coche.

Por esta razón, los sistemas de asistencia al frenado eran preferibles a los de maniobra evasiva. Aún así, la frenada de emergencia puede llegar a ser peligrosa para el vehículo que circule por detrás, pudiendo provocar un alcance. Por ello, creemos que son fundamentales los sistemas que combinen las dos acciones, el frenado y la maniobra evasiva.

En este contexto, numerosas patentes americanas describen un método para evitar colisiones, combinando frenado y cambio de dirección¹¹. Consisten en un sistema que, detecta obstáculos, calcula la distancia a los mismos y su velocidad relativa con respecto del vehículo para, con estos parámetros, discernir entre la posibilidad entre frenar o, frenar y cambiar de dirección simultáneamente.

Para que un vehículo pueda operar de esta manera tiene que incorporar, una centralita de Inteligencia Artificial que analice el entorno¹², siendo capaz de procesar la información y un aparato que ejecute la acción.

En segundo lugar: hay inventos que se centran en el control de la dirección del vehículo¹³, manteniéndolo en su carril ante eventuales faltas de atención del conductor.

⁹ Gilles, 2019, Patente US259440B2

¹⁰ Berkemeier, 2017, Patente US20170191244A1

¹¹ Hac, 2004, Patente US20040193374A1

¹² Braennstroem, 2012, Patente US20120203418A1

¹³ Konrardy, 2019, Patente US010324463B1

Estos inventos proponen sistemas autónomos de control de la dirección para que el vehículo siga su trayectoria con movimientos controlados y leves, lo que se consigue mediante la lectura y detección de las líneas de la carretera¹⁴ e, igual que en el caso anterior, con una unidad capaz de procesar la información y un aparato que la implemente.

Es importante señalar que los sistemas existentes no tienen el control absoluto del vehículo, ya que el conductor puede retomarlos en cualquier momento.

Un cambio de carril o un cambio de trayectoria solo se llevaría a cabo si se detectase una colisión inminente y ante la falta de reacción del conductor. Antes de realizar dicha maniobra, el sistema debe comprobar que es posible su ejecución, sin provocar daños a terceros, al propio vehículo y a sus ocupantes.

Para ello, se hace uso de radares, cámaras de ultrasonido y digitales, etc., en un rango de 360° alrededor del vehículo. Estos mecanismos son los encargados de detectar los obstáculos y de ver si es posible el cambio de carril.

En este marco, destacamos un aparato configurado para realizar un control de dirección automático para evitar un obstáculo¹⁵. Sin embargo, dicho control solo es posible cuando el obstáculo se encuentra a una determinada distancia del vehículo. Esta invención, también contempla las distancias laterales a los objetos de evasión, para llevar a cabo un control de dirección seguro.

En tercer lugar: existen sistemas que se centran en el giro de las ruedas¹⁶. Estudian el sistema de comunicación del ángulo a través de la red interna del vehículo. Estos sistemas disponen de un configurador para recibir el comando de los distintos ángulos y controlar el giro de las ruedas.

¹⁴ Spero, 2017, Patente US009616925B2

¹⁵ Sasagawa, 2019, Patente US2020089240A1

¹⁶ Lavoie, 2017, Patente US9616928B2

El control electrónico es fundamental y requiere un funcionamiento muy preciso para que los vehículos autónomos funcionen de manera óptima. Por ello, otras invenciones relacionadas proponen sistemas de respaldo¹⁷ en el caso de que el sistema de giro de ruedas principal no funcione correctamente.

En cuarto lugar: en un vehículo semiautónomo que pueda ser controlado por el sistema o por el propio conductor, tiene que existir un controlador de notificaciones que marque claramente en que momento se inicia la conducción autónoma y en que momento acaba¹⁸. Esto es importante ya que, en algunos casos, el vehículo puede detectar una zona peligrosa donde la conducción autónoma no sería eficiente¹⁹ y debe avisar al conductor de que es él quien ha de tomar las riendas de la situación.

En quinto lugar: Los vehículos pueden ir equipados de sistemas de análisis de las capacidades del conductor²⁰. Los vehículos son operados por conductores en distintas condiciones. Hay factores como la falta de sueño, el cansancio, la fatiga, las condiciones monótonas en la carretera, los problemas de salud... que pueden afectar a la forma de conducir. Se trata de sistemas que buscan un método que sea capaz de leer esta información del conductor²¹, información de estado físico y actividad de ondas cerebrales entre otros, y se conecte instantáneamente en caso de peligro, tomando así el control.

Por último: Algunos sistemas dejan completamente de lado el guiado del vehículo y se centran en mayor proporción en la detección del entorno y en la comunicación con otros vehículos²². El objetivo de estos sistemas es el estudio del tráfico en un momento determinado y en base a la posición del vehículo central y los de los alrededores y a las variaciones de velocidad, se calculan posibles trayectorias. Estos cálculos se van actualizando y recalculando cada milésima de segundo a medida que se modifican las

¹⁷ Jonasson, 2018, Patente US10046734B2

¹⁸ Sato, 2020, Patente US10558213B2

¹⁹ Mudalige, 2017, Patente DE102016119265A1

²⁰ Fung, 2011, Patente US8698639B2

²¹ Kumar, 2016, Patente US9956963B2

²² Damerow, 2019, Patente EP2950294A1

variables. También, se tienen en cuenta los posibles peligros para calcular rutas alternativas y más eficientes.

A continuación, se muestra un *cluster analysis* en el que se tienen en cuenta las distintas variantes de sistemas de evasión de obstáculos y una clasificación sencilla de los parámetros más importantes a tener en cuenta.

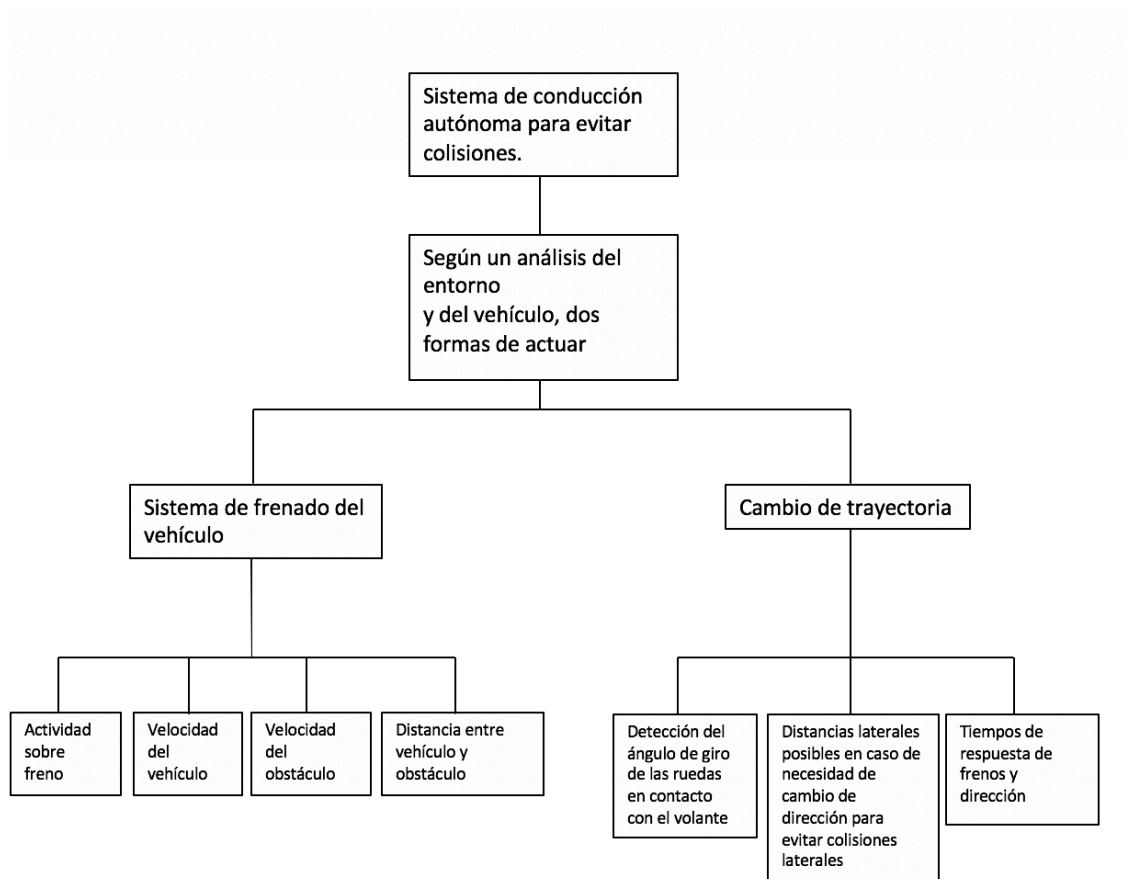


Figura 10. Cluster analysis de sistemas de evasión de obstáculos. Fuente: Elaboración propia.

Después del análisis se determina que el objetivo principal del proyecto es la creación de un sistema viable de conducción autónoma, capaz de detectar obstáculos en la calzada, calcular

una ruta alternativa y ejecutar dicho cambio de trayectoria teniendo en cuenta las condiciones del entorno.

Como puede verse, los sistemas de evasión de accidentes existentes hoy en día son muy variados. No obstante, la mayoría de las invenciones se centran en evitar accidentes con frenado. Otras hablan de cambios de dirección con frenado diferencial²³, pero no hablan de un sistema basado en el giro de las ruedas.

Los vehículos que disponen de sistemas de dirección están equipados con numerosas cámaras y otros dispositivos electrónicos que podrían ser útiles para la creación de un método de giro de ruedas, que complementaría el sistema del que ya disponen.

Otros problemas adicionales que dificultan los cálculos de unos dispositivos como los descritos anteriormente son, las condiciones climatológicas, la irrupción de elementos inesperados en la vía (como un animal), el que se produzca en ese instante un accidente o, la interferencia con otro vehículo dotado con un sistema similar. En este último caso, los sistemas de ambos vehículos podrían realizar una maniobra contraria, provocando una colisión.

Por tanto, los sistemas existentes se pueden completar gracias a la combinación de los modelos disponibles, creando un nuevo sistema de evasión de obstáculos que tenga en cuenta los defectos encontrados en invenciones anteriores.

2.5.1 PATENTES DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA SELECCIONADAS

Una vez analizadas las múltiples patentes, se hace una nueva selección de tan solo 10 entre las ya estudiadas sobre las que se trabajará para la realización del proyecto. Dichas patentes seleccionadas son las siguientes:

²³ Moshchuk, 2013, Patente US20130030651A1

	Empresa o particular solicitante	Apellido del inventor	Año de solicitud	Año de publicación
DE102008040241 A1	Robert Bosch GmbH	Freess	2008	2010
US010471954 B2	Toyota	Saiki	2017	2019
US009616925 B2	Ford Global Tech.	Spero	2015	2017
US20130030651 A1	GM Global Technology Operations LLC	Moshchuk	2011	2013
US2020047749 A1	Toyota Motors Corp.	Morotomi	2019	2020
US8965633 B2	GM Global Technology Operations	Lee	2011	2013
US20200198699 A1	Mando Corporation	Lee	2019	2020
US2020089240 A1	Toyota Motors Corp.	Sasagawa	2019	2020
US20200148260 A1	Japanese	Wu	2018	2020
US20040193374 A1	BWI Co Ltd Sa	Hac	2003	2004

Tabla 3. Patentes utilizadas en el proyecto. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a sus características, la gran mayoría son patentes americanas. Esto se debe a que las patentes se publican en el idioma oficial del país donde se solicitan, lo cual dificulta la lectura de patentes procedentes de Oriente y Alemania.

Por otro lado, se puede apreciar que la mayoría de las patentes estudiadas son muy recientes. Se trata de una tecnología actual y en puro desarrollo. Se han extraído las características fundamentales de cada una de ellas y se han clasificado en 3 categorías.

- En primer lugar, **la detección constante** que consiste en aquellos parámetros que son percibidos y detectados de forma continua por el sistema. En este bloque, se destaca un análisis del entorno constante, como la detección de líneas de la carretera o la presencia de obstáculos entre otros parámetros, pero también la detección de parámetros propios del vehículo y de los obstáculos que se pretenda rebasar.
- En segundo lugar, **los cálculos**, se trata de las variables que tiene que calcular el sistema en base a los parámetros detectados anteriormente, la velocidad relativa entre vehículo y obstáculo y la distancia relativa entre ambos.
- Finalmente, **la evasión**, consiste en los distintos pasos que se ejecutan para poder llegar a realizar una evasión efectiva. Si se pretende realizar un cambio de carril, por lo que es imprescindible identificar obstáculos laterales y también determinar los parámetros necesarios como el coeficiente de adhesión y la aceleración lateral máxima para realizar un giro.

A continuación, se muestra dicha clasificación:

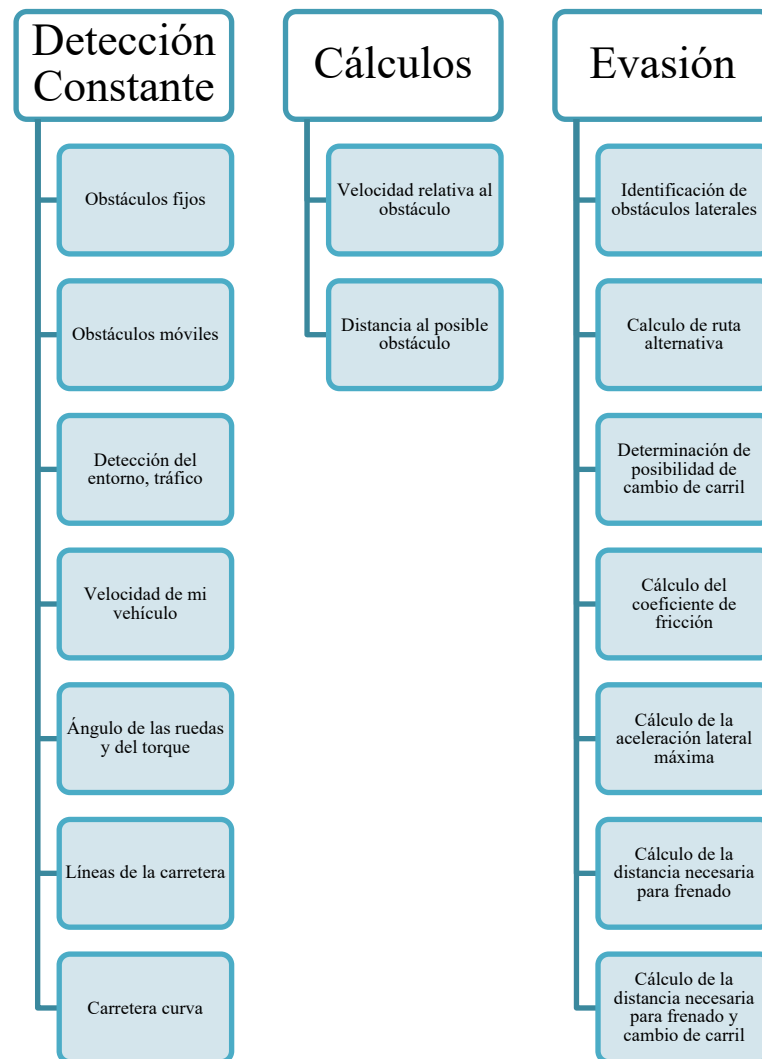


Figura 11. Fases de los sistemas de evasión de obstáculos. Fuente: Elaboración propia.

Se han visto las características comunes y diferenciadoras de cada una de las patentes seleccionadas. En base a estos parámetros, se llevará a cabo el diseño de un sistema propio de conducción autónoma. De todos los sistemas de evasión de obstáculos, se puede apreciar en todos ellos una estructura común. Primero, la detección de información compuesta por sensores internos y externos y a continuación, el aparato de control que será el que determine la presencia de un obstáculo, calcule los parámetros anteriormente planteados y finalmente ejecute la evasión de los obstáculos. A continuación, se muestra la estructura básica de los

sistemas de evasión de obstáculos que se empleará como base para la realización del sistema de CA objetivo del proyecto:

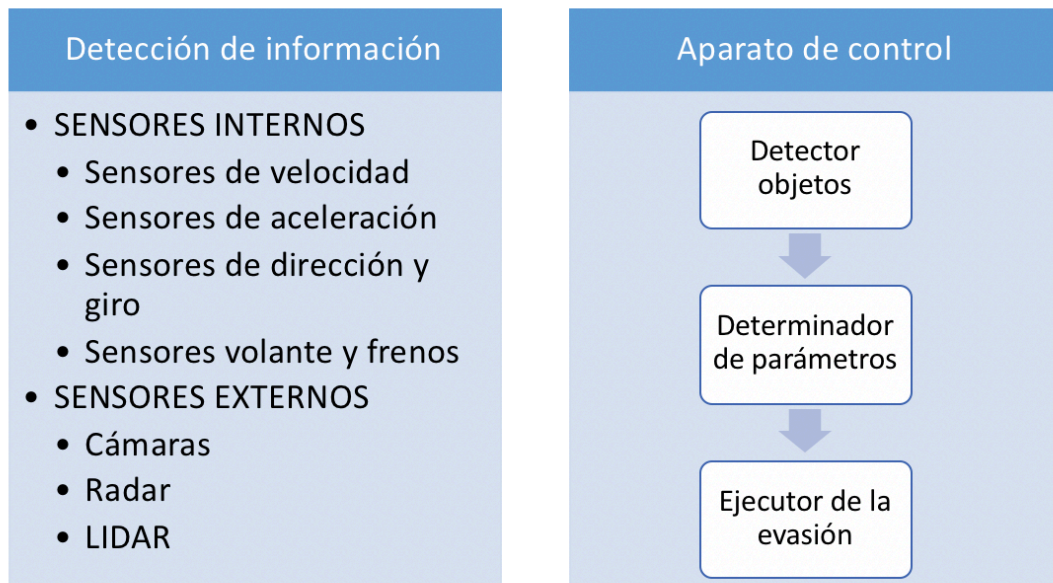


Figura 12. Estructura básica de sistemas de evasión de obstáculos. Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que, como se ha expuesto anteriormente, los sistemas de conducción autónoma estudiados se encuentran entre los Niveles 2 y 3 de la CA. Son en gran parte sistemas de ayuda a la conducción que tienen cierto grado de responsabilidad pero que requieren la atención del conductor en todo momento.

2.6 CONCLUSIONES

En este Capítulo se ha analizado el Estado del Arte en la conducción autónoma y también del mismo en las patentes. Se ha centrado el estudio en sistemas de giro para la evasión de obstáculos y una vez analizado lo que ya existe, ya se dispone de el conocimiento necesario para elaborar el sistema objetivo del proyecto. Se ha llegado a varias conclusiones:

- Es imprescindible crear un sistema de giro que combine frenado y cambio de dirección.

- Se ha de incorporar en el sistema un sistema de diferenciación de obstáculos fijos y móviles para poder realizar la evasión más efectiva posible en cada caso.
- El sistema debe tener en cuenta las condiciones de entorno en todo momento, esto es, debe de tener en cuenta la situación externa antes de ejecutar cualquier cambio en la dirección. Por ejemplo, no debe de iniciar un cambio de carril si existen obstáculos laterales que puedan interferir en el proceso.
- El sistema debe incorporar un control de viabilidad del giro que se quiere efectuar. Esto es, antes de ejecutar el giro que se requiere para la evasión, es necesario comprobar que dicho giro es posible. Un giro demasiado brusco a altas velocidades puede tener resultados catastróficos.
- En caso de que el sistema de giro primario falle, será necesario incorporar un sistema de giro secundario que reduzca al máximo los efectos negativos del choque.
- Si el vehículo circula por una zona peligrosa donde la conducción autónoma no es recomendable por posibles malinterpretaciones del sistema, se incorporará un método de aviso al conductor para así conectar la conducción manual.
- Por último, el sistema deberá tener en cuenta la actuación del conductor en todo momento. No se trata de un sistema de conducción autónoma de grado 5 donde todas las decisiones las toma el vehículo. El vehículo debe circular en presencia de un conductor que vigile todos los movimientos y maniobras que se llevan a cabo. Por ello, si en algún momento el conductor interfiere en oposición a la maniobra calculada por el sistema, se le debe otorgar el control total del vehículo.

Una vez analizados los aspectos esenciales e imprescindibles que debe incorporar el sistema de giro automático objetivo del proyecto, en el siguiente Capítulo se procederá a la creación del sistema, *Sistema TGZ*.

Capítulo 3. SISTEMA TGZ

En el Capítulo anterior se ha introducido el Estado de Arte de sistemas de conducción autónoma con objetivo de evasión de obstáculos y, por consiguiente, de accidentes. En base al estudio de las patentes efectuado y el análisis de las aportaciones y carencias de cada una de ellas, se ha creado un sistema de conducción autónoma propio, el *Sistema TGZ*.

A lo largo de este capítulo se explicará el en que consiste el sistema y su funcionamiento. Trata de mejorar las invenciones ya existentes resolviendo los posibles problemas que se puedan dar.

3.1 INTRODUCCIÓN AL SISTEMA TGZ

El objetivo principal del *Sistema TGZ* es proporcionar una evasión de un obstáculo en la trayectoria del vehículo de la forma más segura y completa posible. Para conseguir dicho objetivo, se ha creado un procedimiento para un sistema de control automático de un vehículo y un método de control automático de giro del vehículo.

Específicamente, el sistema consiste en el control de un sistema automático de giro de un vehículo que sigue una trayectoria, y está orientado a la evasión de un obstáculo en dicha trayectoria. Dicho sistema comprende sensores del ángulo de giro del vehículo que se pueden encontrar en el volante, sensores de distancia y velocidad relativa entre el vehículo y un obstáculo y sensores de distancia y velocidad relativa entre el vehículo y elementos fijos del entorno. Gracias a la presencia de estos sensores, se puede analizar la situación en la que se encuentra el vehículo y aparte de determinar cual es la mejor forma de evitar el obstáculo, se determina si dicha evasión es viable.

A continuación, se muestra una imagen de la estructura del vehículo y las disposiciones de los sensores:

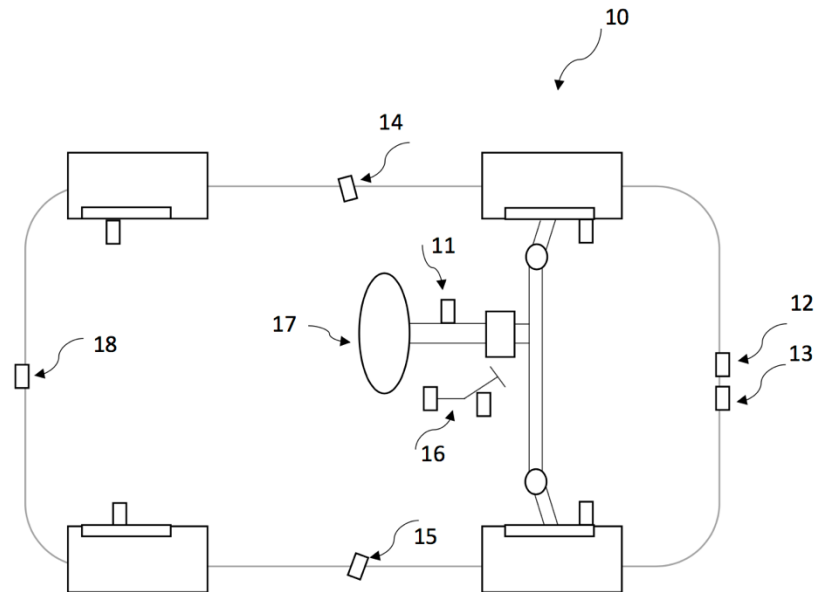


Figura 13. Vehículo y elementos que componen el sistema. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 13 muestra un vehículo al que se refiere con el número 10 en el que se centra el *Sistema TGZ*. Se pueden observar los múltiples sensores de los que dispone el vehículo como los sensores del ángulo de giro, señalados con el número 11, sensores de distancia y velocidad relativa entre el vehículo y el obstáculo, señalados con el número 12, los sensores de distancia y velocidad relativa entre el vehículo y elementos fijos del entorno, señalados con los números 13, 14 y 15, y un sensor trasero de detección de obstáculos una vez se hayan rebasado, señalado con el número 18.

3.2 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El sistema de conducción autónoma se conecta cuando el vehículo está circulando por la carretera e inmediatamente se activan los sensores 11,12,13,14,15 y 18 de que dispone el vehículo los cuales empiezan a realizar un análisis del entorno constante. Si se detectan obstáculos en la trayectoria que describe el vehículo se activará el proceso de evasión de dichos obstáculos *Proceso 1*. De no ser así, si el conductor actúa de forma brusca sobre el volante, se realiza un análisis del tipo de actividad del conductor sobre el volante, *Proceso*

2, y, finalmente, si no es así pero el sistema determina que se trata de una zona peligrosa y no apropiada para la conducción autónoma, se activa un aviso al conductor de que se va a conectar la conducción manual y, se conecta dicha conducción. De no darse ninguno de los casos anteriores, el sistema sigue realizando el análisis del entorno.

A continuación, la Figura 14 muestra el diagrama de flujo que describe dicho proceso inicial:

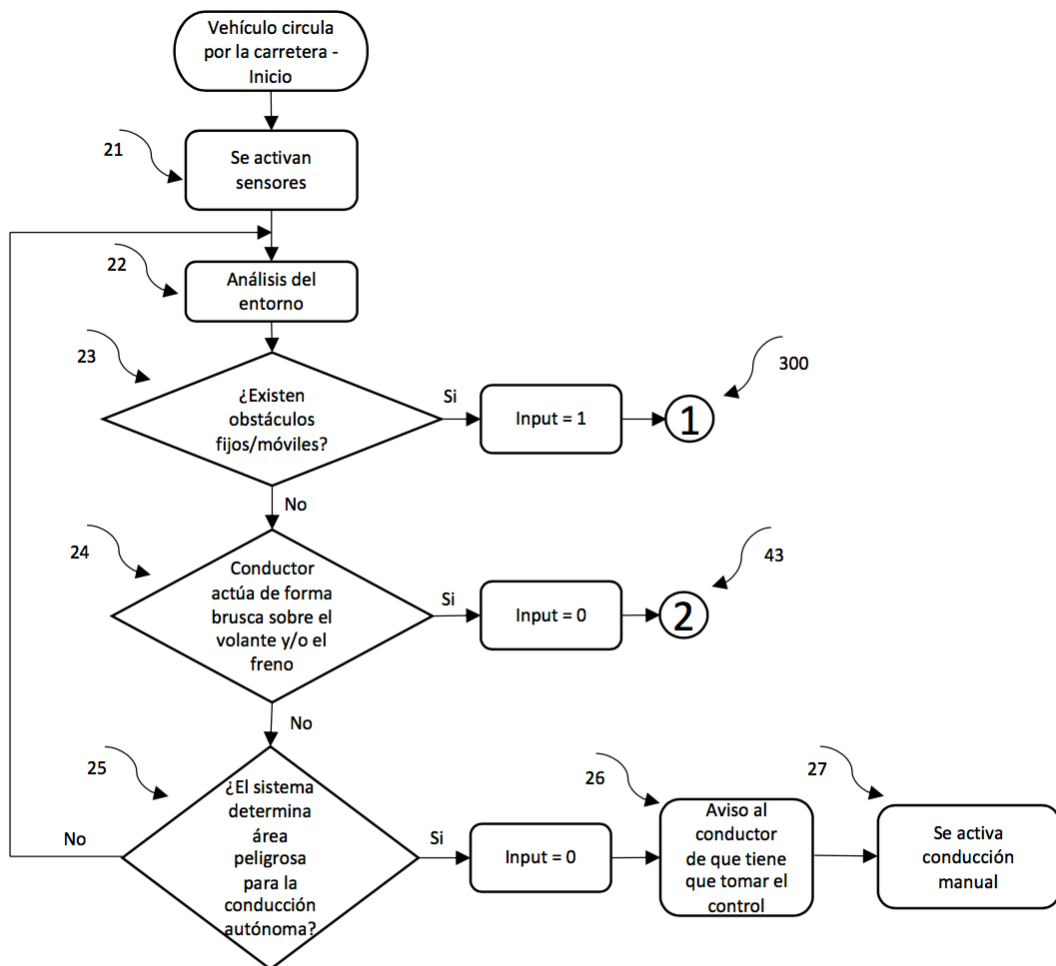


Figura 14. Diagrama de flujo de la invención. Fuente: Elaboración propia

3.2.1 ANÁLISIS DEL ENTORNO

Para realizar el análisis del entorno, el vehículo dispone de los sensores anteriormente mencionados. El proceso de análisis se inicia con la detección de las líneas de la carretera por la que circula el vehículo. A continuación, se clasifica la carretera en recta o curva y posteriormente se analiza la densidad del tráfico. Este último paso es esencial para la posible determinación de zona peligrosa para la conducción autónoma, pues un tráfico muy denso está caracterizado por situaciones inesperadas que pueden ser malinterpretadas por el sistema. Finalmente, se detectan los obstáculos laterales que pueden impedir el futuro cambio de trayectoria del vehículo.

A continuación, la Figura 15 muestra el diagrama de flujo que describe este proceso:

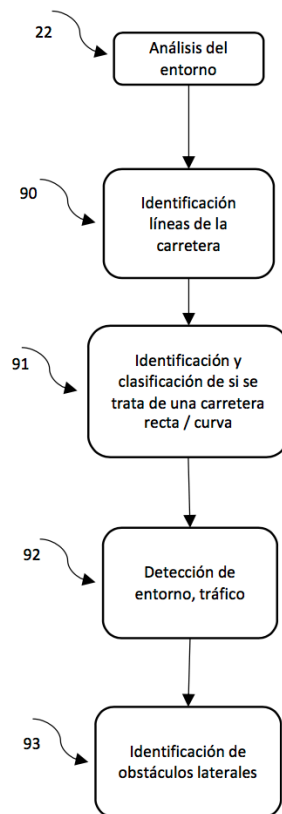


Figura 15. Diagrama de flujo Análisis del entorno. Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 PROCESO 1

Si, por el contrario, el vehículo detecta la existencia de obstáculo ya sean fijos o móviles en su camino, se iniciaría el *Proceso 1*.

Como paso inicial, los sensores del vehículo determinan inmediatamente la distancia a la que se encuentra el obstáculo detectado. Esta distancia se calcula en coordenadas cartesianas (x, y) respecto del vehículo. A continuación, se determinan la velocidad del vehículo y la del obstáculo que se va a rebasar. Es a partir de este paso cuando se realiza una clasificación de los obstáculos.

Existen dos categorías de obstáculos móviles, los que van en la misma dirección que el vehículo y los que van en dirección transversal. Cuando se trata de obstáculos que van en la dirección del vehículo, se determina la velocidad relativa entre el vehículo y dicho obstáculo.

A continuación, se muestran las posibles situaciones A_1 , A_2 , B y C que se pueden dar:

A_1 : $\Delta v = v_1 - v_2 < 0 \rightarrow$ El objeto de evasión 141 tiene velocidad mayor que el vehículo.

A_2 : $\Delta v = v_1 - v_2 < v_1 > 0 \rightarrow$ El objeto de evasión 141 tiene velocidad menor que el vehículo, pero en la misma dirección.

B: $\Delta v = v_1 - v_2 = v_1 \rightarrow$ El objeto de evasión 142 no se mueve.

C: $\Delta v = v_1 - v_2 > v_1 \rightarrow$ El objeto de evasión 143 se mueve en sentido contrario.

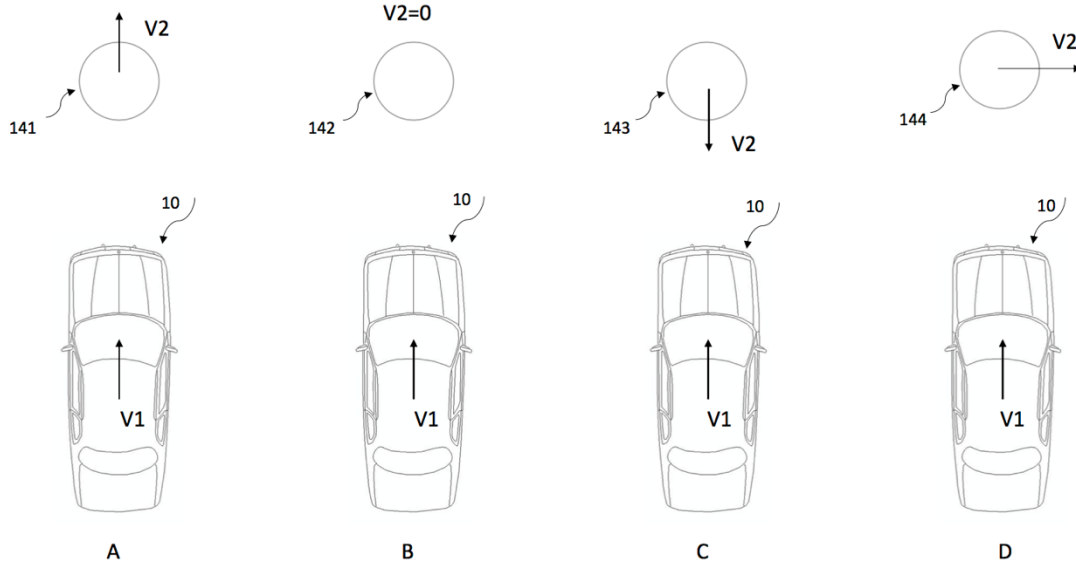


Figura 16. Posibles obstáculos. Fuente: Elaboración propia.

Cuando se trata del caso A1, el sistema vuelve a la situación inicial, pues el obstáculo detectado no supone peligro alguno. En el resto de los casos, incluido el caso de obstáculos transversales, gracias a los sensores del vehículo, el sistema determina el coeficiente de adhesión, μ_{est} y posteriormente el sistema calcula la deceleración máxima $A_{y\max}$:

$$A_{y\max} = g \cdot \mu_{est} \quad (1)$$

Siendo g la constante gravitatoria $9,81 \frac{m^2}{s}$.

A continuación, estos parámetros serán utilizados para determinar la distancia mínima para evitar el obstáculo con un simple frenado del vehículo, $d_{l\min}$.

Asumiendo el peor de los casos para esta situación en la que el obstáculo que se detecta está quieto, la distancia que recorrerá el vehículo para evitar el obstáculo con frenado es d_{yf} :

$$d_{yf} = v_{1i} \cdot t_{vc} + \frac{v_{1i} - v_{1f}}{A_{y\max}} \quad (2)$$

Siendo t_{vc} el tiempo en el que el vehículo sigue circulando a velocidad constante, v_{1i} la velocidad del vehículo antes de iniciar el frenado, v_{1f} la velocidad final del vehículo y $A_{ymáx}$ la deceleración máxima.

Si efectivamente la distancia d_{yf} es mayor que la distancia mínima para realizar frenado $d_{l_{\min}}$, se activa el sistema de frenado y se detiene el vehículo.

A continuación, la Figura 17 muestra el diagrama de flujo que describe el proceso del *Proceso 1*:

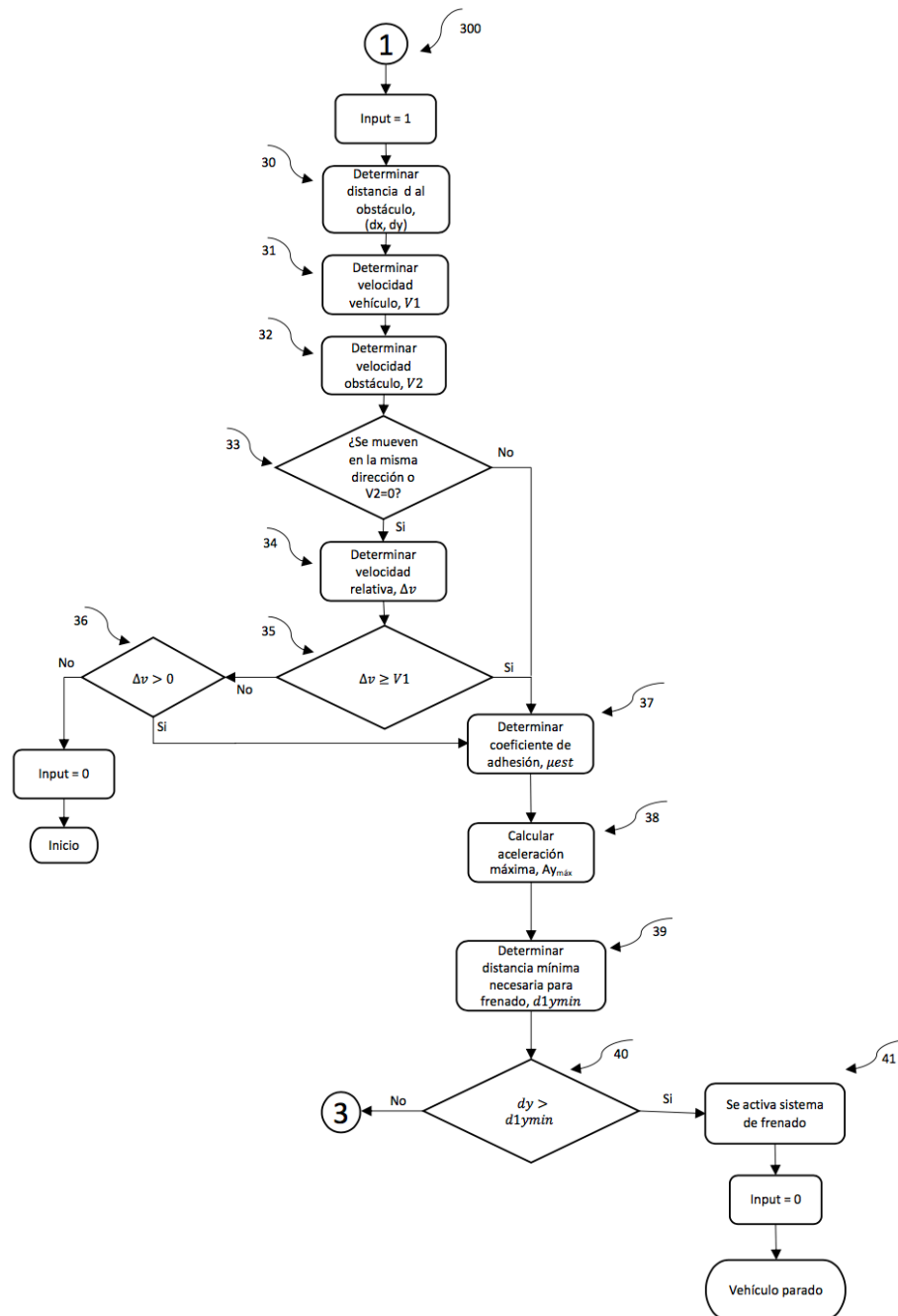


Figura 17. Diagrama de flujo Proceso 1. Fuente: Elaboración propia.

En caso contrario, cuando no hay distancia suficiente para evitar la colisión con el obstáculo mediante frenado, se llevará a cabo la evasión del obstáculo mediante un cambio de dirección o una combinación de frenado y cambio de dirección. Se procede así al *Proceso 3*.

3.2.3 PROCESO 2

Como se ha explicado anteriormente, cuando no se detectan obstáculos, pero el conductor actúa de forma brusca sobre el volante, se activa la *Proceso 2*. Este proceso se caracteriza por determinar si se producen variaciones continuas de torque y/o ángulo. De ser así, se activa el sistema de frenado. En el caso contrario, si las variaciones son momentáneas, se reestablecen los parámetros de giro anteriores a la variación y se continúa la conducción.

A continuación, la Figura 18 muestra el diagrama de flujo que describe el proceso de la *Proceso 2*:

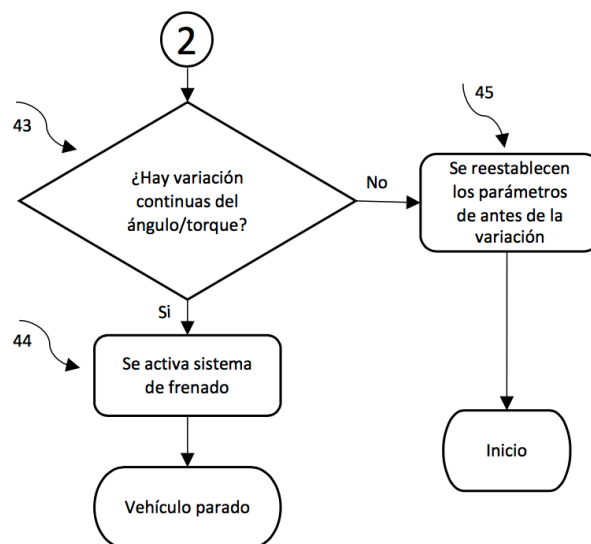


Figura 18. Diagrama de flujo Proceso 2. Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 PROCESO 3

Cuando no hay distancia suficiente para evitar la colisión con el obstáculo mediante frenado, se llevará a cabo la evasión del obstáculo mediante un cambio de dirección o una combinación de frenado y cambio de dirección. Se activa el *Proceso 3*.

Para ello, los sensores de ángulo de giro del vehículo identifican el ángulo de giro del vehículo. A continuación, se determina la distancia lateral necesaria, dx para rebasar el obstáculo sin peligro. Después de la realización del análisis de la distancia lateral necesaria, se calcularán posibles rutas alternativas para la evasión del obstáculo y posteriormente, la aceleración lateral necesaria para seguir dichas trayectorias. Cuando se trate de obstáculos con movimiento transversal al del vehículo, se determinará que la distancia necesaria para rebasar el obstáculo será hacia en lado contrario del movimiento del obstáculo.

Se determina la posibilidad de ejecutar el cambio de carril gracias a los sensores de distancia y velocidad relativa entre el vehículo y elementos fijos del entorno que indican si existen obstáculos laterales que puedan interferir en la maniobra. Si este tipo de obstáculos existiese, se activaría el freno con un sistema de frenado de emergencia parando el vehículo.

Si, por el contrario, se activa el proceso de cambio de carril, se analiza si el cambio de ángulo de giro requerido para que siga la trayectoria calculada el vehículo es posible y de no serlo, se activa un sistema de giro secundario basado en un frenado diferencial del vehículo. Este frenado consistiría en activar los frenos de un lado u otro del vehículo en mayor medida que los del otro lado para que pueda modificar de esta forma su trayectoria.

Si el giro se permite, se ejecuta el cambio de trayectoria con el sistema de giro automático principal. Durante el proceso de cambio de trayectoria, se analiza si el conductor del vehículo actúa sobre el volante y/o el freno, en cuyo caso se requiere que el sistema autónomo detenga la ejecución de la evasión volviendo al paso inicial.

Si no se da el caso, se inicia el sensor trasero y se sigue el cambio de trayectoria hasta que detecta el obstáculo rebasado.

Finalmente, se determinará que la ejecución ha sido un éxito el sistema recoge la información, se reinician las variables y se retornará al inicio.

A continuación, la Figura 19 muestra el diagrama de flujo que describe el proceso de la *Proceso 3*:

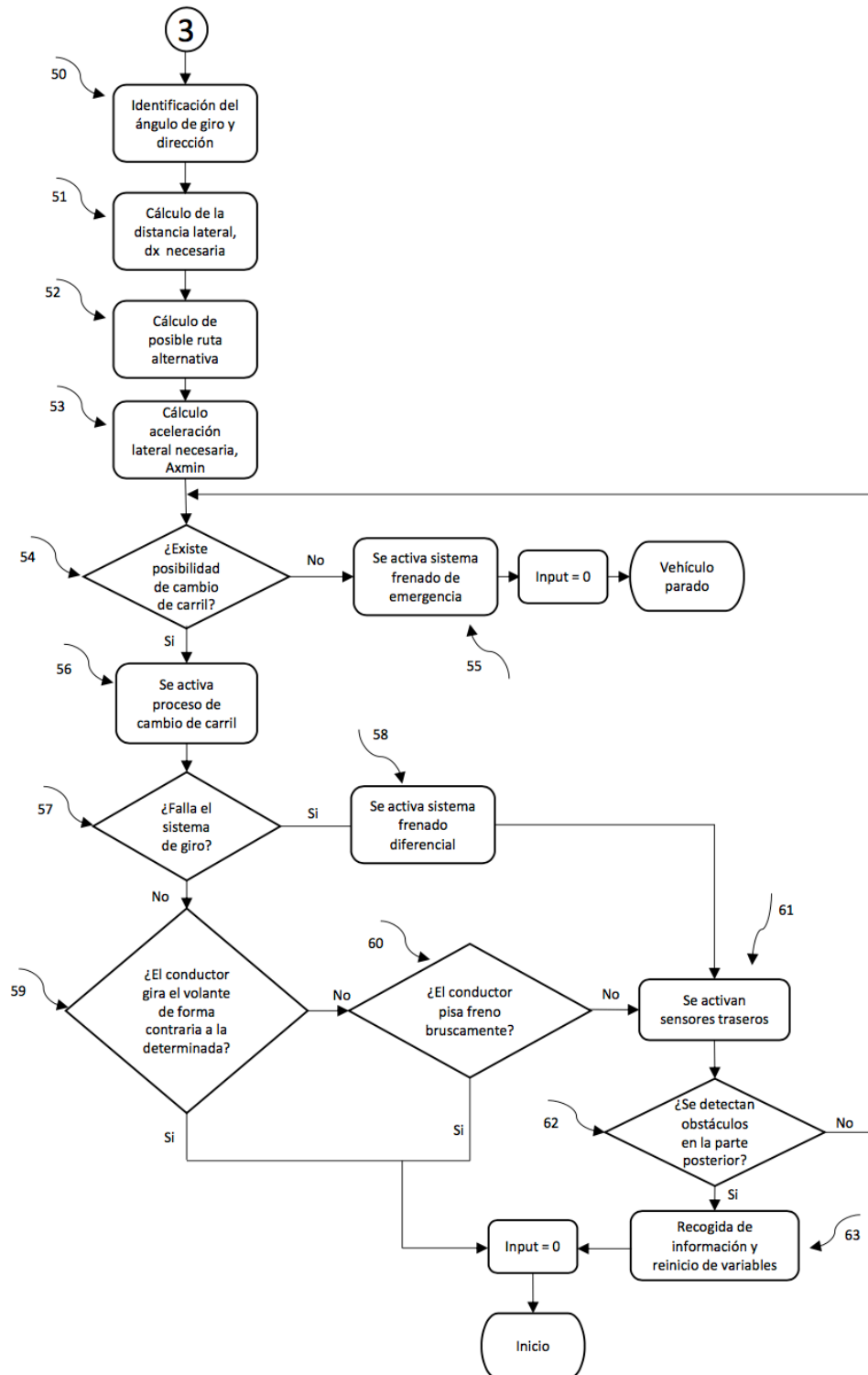


Figura 19. Diagrama de flujo Proceso 3. Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.1 Distancia lateral necesaria

En el *Proceso 3*, antes de definir como definitiva la primera distancia lateral determinada dx_1 , se valora la posibilidad de que exista otro posible obstáculo transversal detrás del primero detectado, lo cual supondría cambios de dirección muy seguidos. Por ello, antes de calcular la trayectoria de evasión, se determina si existen obstáculos posteriores y se calculará una trayectoria de evasión óptima para rebasar ambos obstáculos de la forma más cómoda viable, con el menor número de variaciones de giro posibles. EL sistema determina así dx_2 siendo la distancia necesaria para rebasar el obstáculo secundario y finalmente, se determina cual de las dx_1 o dx_2 va a ser la distancia óptima.

A continuación, la Figura 20 muestra el diagrama de flujo que describe el proceso de determinación de la distancia lateral necesaria para la evasión:

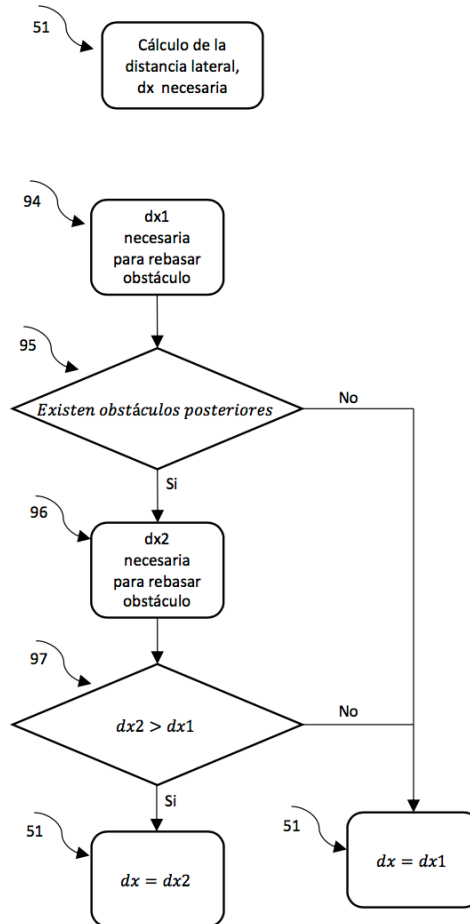


Figura 20. Diagrama de flujo distancia lateral necesaria. Fuente: Elaboración propia.

Para un mejor entendimiento de este proceso, se dispone de la Figura 21. Esta figura muestra dos posibles situaciones, la primera que comprende la evasión de un solo obstáculo y la segunda que consiste en la evasión de dos obstáculos. Se muestra claramente que, si no se tuviese en cuenta el obstáculo secundario, la evasión requeriría de demasiados cambios de giro en comparación a la situación óptima, que tiene en cuenta el obstáculo secundario desde el inicio.

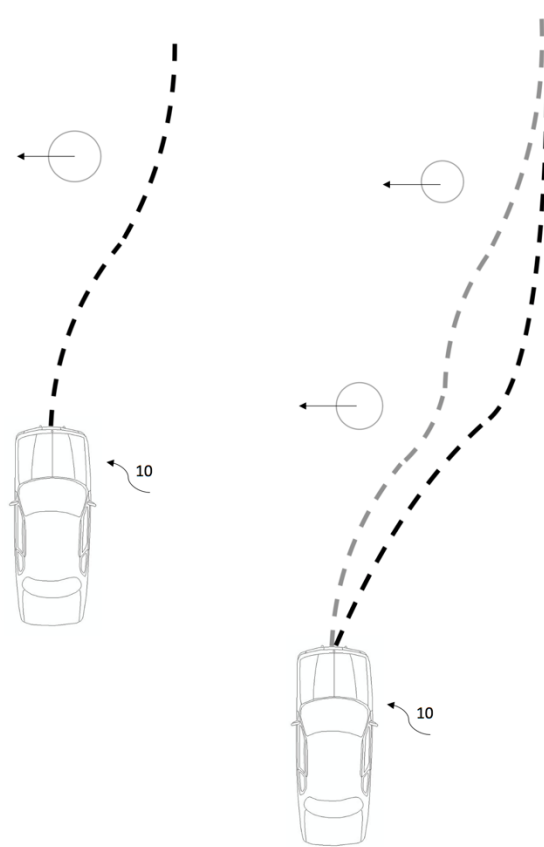


Figura 21. Posibles evasiones de obstáculos. Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.2 Determinación del tipo de evasión

En el desarrollo del *Proceso 3*, cuando se permite el cambio de carril, se hace un cálculo de dos distancias necesarias, $dy_{2\min}$ y $dy_{3\min}$. Primero se calcula $dy_{2\min}$, que es la distancia necesaria para cambiar de dirección con velocidad constante. A continuación, se calcula la segunda $dy_{3\min}$ donde se requiere cambio de dirección con frenado. Tras la determinación de la distancia entre vehículo y obstáculo d_y , haciendo un cambio de trayectoria, se comprueba cual de los dos tipos de evasión posibles se va a efectuar según la comparación de distancias y el sistema inicia la evasión del obstáculo.

A continuación, la Figura 22 muestra el diagrama de flujo que describe el proceso de determinación del tipo de evasión, cambio de dirección a velocidad constante o frenando, que se puede realizar:

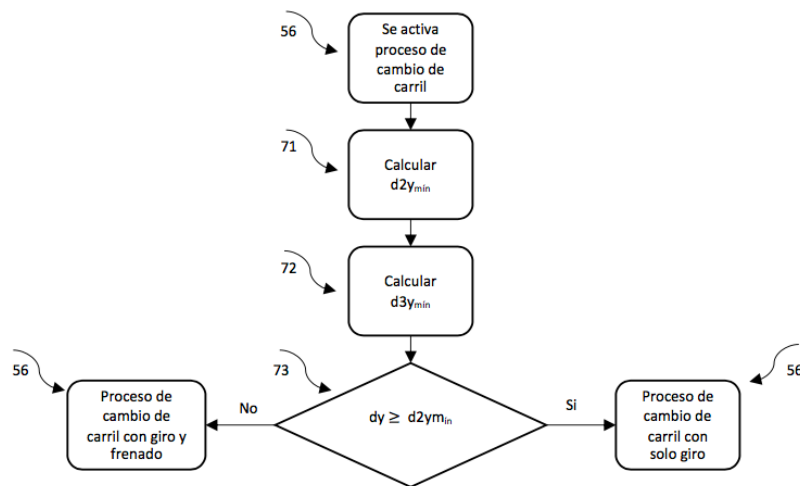


Figura 22. Diagrama de flujo de la determinación del tipo de evasión. Fuente: Elaboración propia.

Para un mejor entendimiento, en la Figura 23 se muestran las posibles evasiones que se pueden llevar a cabo según la distancia que haya entre vehículo y obstáculo con objetivo de aclarar la diferencia entre las tres situaciones.

En la figura **A**, d_1 representa la distancia necesaria para llevar a cabo una evasión mediante frenado.

En la figura **B**, d_2 representa la distancia necesaria para llevar a cabo una evasión mediante cambio de trayectoria.

En la figura **C**, d_3 representa la distancia necesaria para llevar a cabo una evasión mediante cambio de trayectoria y frenado.

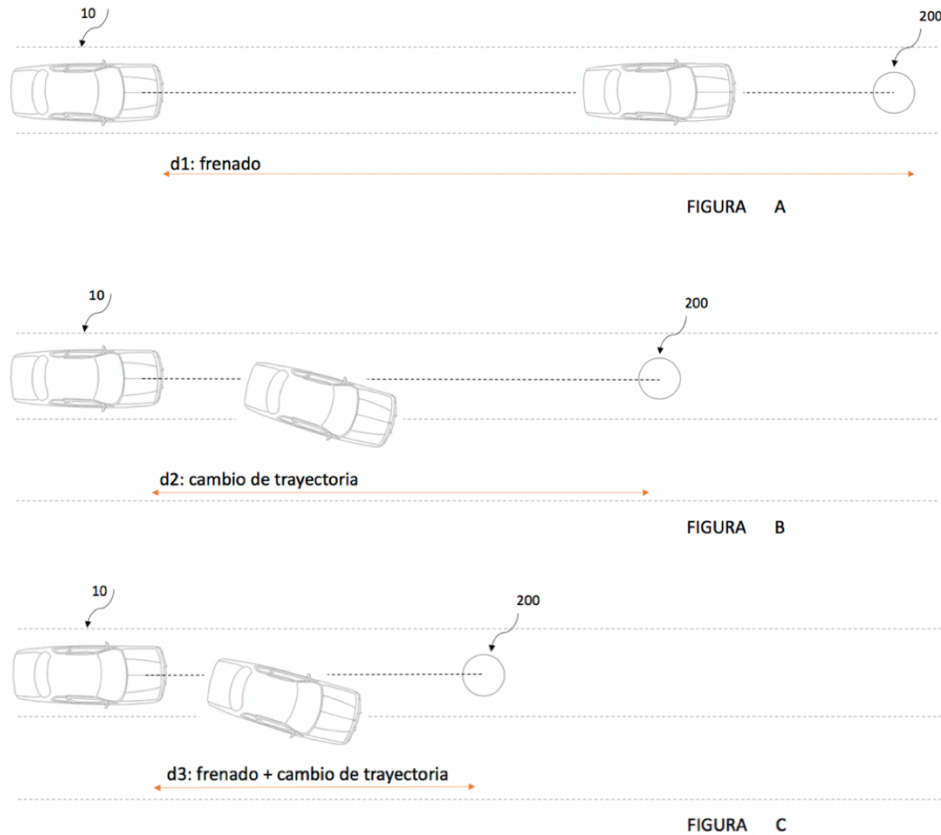


Figura 23. Distintas evasiones del obstáculo. Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.3 Distancia entre vehículo y obstáculo

Como se ha visto anteriormente, el fundamental determinar la distancia existente entre el vehículo y el obstáculo objeto de rebasar. Para determinar esta distancia d_y , se asume inicialmente que el vehículo describe una trayectoria de evasión compuesta por dos arcos de radio $d_x=r1=r2$.

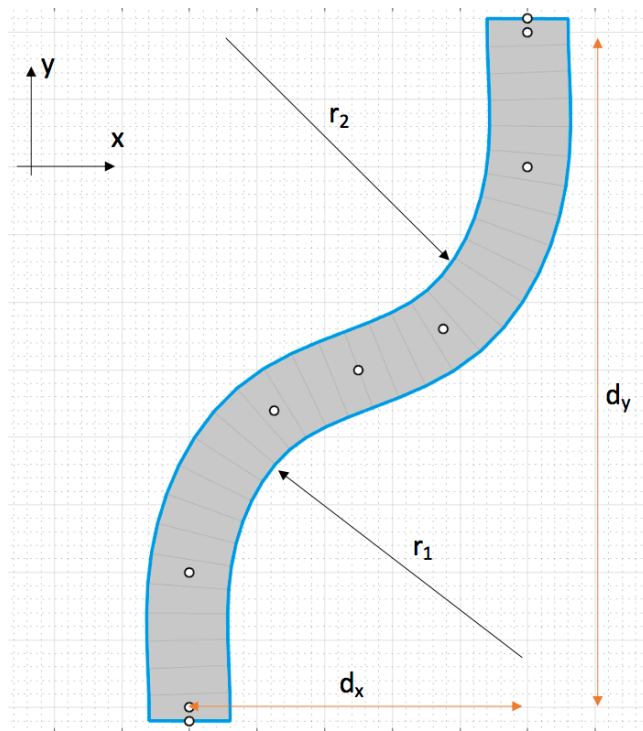


Figura 24. Trayectoria de la evasión. Fuente: Elaboración propia

En base a esta trayectoria teórica, se hace un cálculo aproximado del tiempo que se requiere para efectuar el cambio de dirección, t_{total} .

Para realizar los cálculos, se determinan los parámetros predeterminados necesarios para el cálculo que son:

- Aceleración lateral máxima: $A_{l\text{máx}} [\frac{m}{s^2}]$, se determina de forma teórica.
- Tiempo de retraso, t_r , se trata de una constante.

La aceleración lateral máxima es un dato que varía según el tipo de vehículo y su geometría. Se trata de un parámetro que otorga el fabricante. El tiempo de retraso consiste en una constante que se obtiene de forma experimental.

A continuación, se van a desarrollar los cálculos necesarios para calcular la distancia existente entre el vehículo y el obstáculo. En primer lugar, el desplazamiento en x necesario para efectuar el cambio de trayectoria que el sistema determina previamente se puede expresar de la siguiente manera:

$$d_x = A_{1x\text{máx}} \frac{t^2}{2} \quad (3)$$

De donde despejamos el tiempo necesario para hacer el cambio:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot d_x}{A_{1x\text{máx}}}} \quad (4)$$

Como se ha mostrado en la Figura 24 la trayectoria que sigue el vehículo está compuesta por dos arcos iguales. Se asume que existe un tiempo de retraso, t_r , en el cambio de una dirección a otra, parámetro que se obtiene de forma experimental. Por tanto, el tiempo total para completar el trayecto es:

$$t_{total} = t_r + 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot d_x}{A_{1x\text{máx}}}} \quad (5)$$

Una vez se dispone del tiempo, t_{total} , para realizar el cambio de trayectoria, gracias a la información de los sensores de distancia y velocidad relativa 12 entre el vehículo 10 y el obstáculo, se calcularán las distancias que recorrerán el vehículo y el obstáculo durante ese tiempo predeterminado, que servirán de referencia para saber qué tipo de evasión se ejecutará.

Una ventaja de que se trate de un sistema automatizado es la ausencia de tiempo de retraso por actuación humana.

Siendo d_{1y} la distancia recorrida por el vehículo, según se trate de un cambio de trayectoria a velocidad constante o no se obtiene:

$$d_{1y} = \begin{cases} v_{1yi} \cdot t_{total}, & v_{1y} = cte \\ v_{1yi} \cdot t_{total} + \frac{1}{2} A_{1ymáx} \cdot (t_{total})^2, & v_{1y} \neq cte \end{cases} \quad (6)$$

También hay que tener en cuenta el desplazamiento del objeto de evasión d_{2y} en ese tiempo t_{total} :

$$d_{2y} = \begin{cases} 0, & v_{2y} = 0 \\ v_{2yi} \cdot t_{total}, & v_{2y} = cte \\ v_{2yi} \cdot t_{total} + \frac{1}{2} A_{2ymáx} \cdot (t_{total})^2, & v_{2y} \neq cte \end{cases} \quad (7)$$

Finalmente, la distancia d_y que existe entre vehículo y obstáculo haciendo cambio de trayectoria es:

$$d_y = d_{1y} + d_{2y} \quad (8)$$

Una vez definido el tipo de cambio de trayectoria que se va a efectuar, la determinación de si falla o no el sistema de giro en el *Proceso 3* consta de una serie de pasos que se describen a continuación.

Primero, el sistema calcula el ángulo de dirección esperado, a continuación, el sensor de ángulo de giro del vehículo determina el parámetro y con los datos de los ángulos y la velocidad del vehículo, se calcula el umbral de aceptación de variación del ángulo de giro del vehículo. Con toda esta información, se define si el sistema falla porque el ángulo necesario para llevar a cabo la evasión no se encuentra dentro del umbral o si, sí que se encuentra dentro del umbral permitiendo el cambio de trayectoria.

A continuación, la Figura 25 muestra el diagrama de flujo que describe el proceso de determinación de la viabilidad de la evasión:

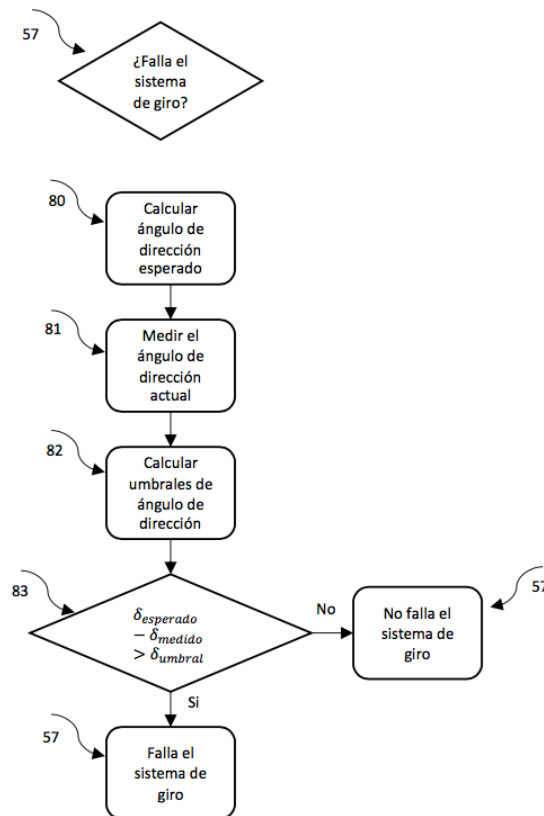


Figura 25. Diagrama de flujo de la viabilidad de la evasión. Fuente: Elaboración propia.

Para analizar el comportamiento del vehículo cuando realiza un giro, es fundamental entender la dinámica del vehículo. Al efectuar un giro, aparecen sobre las ruedas del vehículo unas fuerzas que están directamente relacionadas con la velocidad del vehículo y la rigidez de la rueda, F_{α} . Si el vehículo se mueve a bajas velocidades, esas fuerzas son bajas y se pueden ignorar. Las fuerzas laterales que sufren las ruedas tendrán mayor importancia, cuando el vehículo circula a velocidades más altas.

3.2.4.4 Ángulo a bajas velocidades

Cuando el vehículo realiza el cambio de trayectoria a bajas velocidades, para la determinación del ángulo de giro, los parámetros que se utilizan son: la longitud del

vehículo, l , el ancho del vehículo, w , y el radio de giro, r . Se determina como radio de giro la mitad de la distancia entre el vehículo y el obstáculo, de la ecuación (6), $r = \frac{d_y}{2}$. Como se ha explicado anteriormente, las fuerzas laterales se ignoran en esta situación y el ángulo que efectuará el vehículo se calcula directamente con el modelo de Ackermann.

El ángulo que efectuará el vehículo se determinará según la siguiente expresión:

$$\delta = \tan^{-1} \frac{l}{r} \quad (9)$$

$$\delta_i = \tan^{-1} \frac{l}{\frac{l}{\tan \delta_o} - w} \quad (10)$$

δ_i y δ_o son los ángulos de giro de las ruedas interna y externa respectivamente donde, la externa tiene un ángulo de giro mayor.

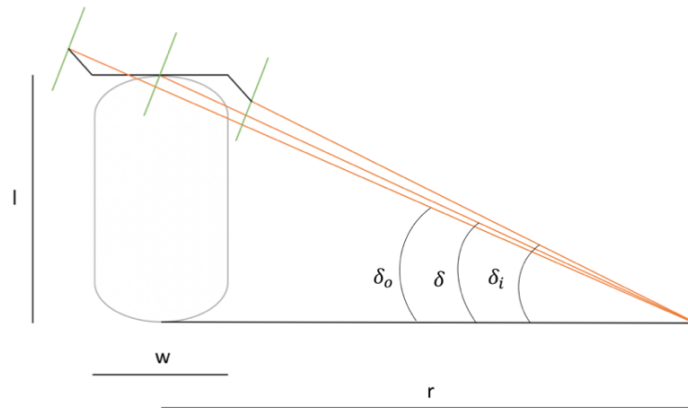


Figura 26. Ángulo a bajas velocidades. Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.5 Ángulo a altas velocidades

A altas velocidades la situación cambia. Para determinar el ángulo necesario que hay que transmitir a las ruedas se utilizará el modelo simplificado de dos ruedas, modelo bicicleta,

que tiene un comportamiento muy parecido al modelo completo y que permite reducir y simplificar los cálculos.

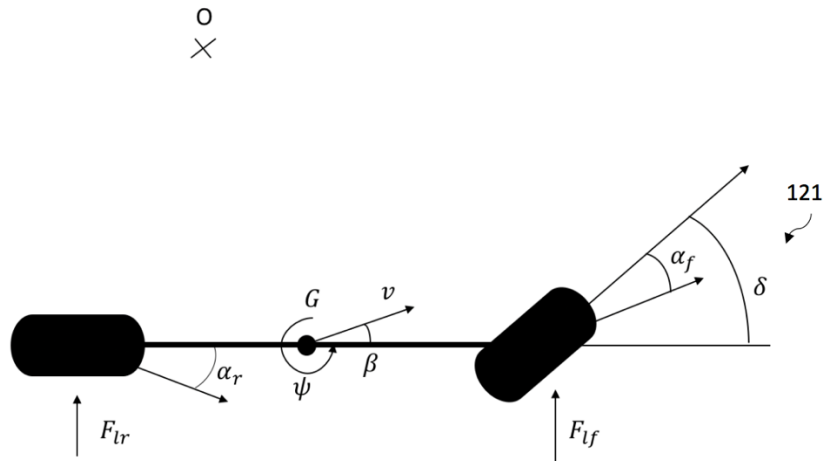


Figura 27. Modelo bicicleta y ángulo a altas velocidades. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 27 se muestran los siguientes parámetros:

- Ángulo de guiñada, ψ
- Ángulo de deslizamiento lateral, β
- Ángulo de giro, δ
- Ángulo de deslizamiento del neumático delantero, α_f
- Ángulo de deslizamiento del neumático trasero, α_r
- Distancia total entre ruedas, l
- Centro de masas, G
- Distancia G y rueda delantera, l_f
- Distancia G y rueda trasera, l_r
- Velocidad del vehículo, v .

Como en el caso anterior, se determina como radio de giro la mitad de la distancia entre el vehículo y el obstáculo, de la ecuación (6), $r = \frac{d_y}{2}$.

En este caso, las fuerzas laterales sobre las ruedas del vehículo F_{lr} y F_{lf} sí que tienen una importancia relevante. Provocan que la orientación de las ruedas y la dirección que lleva el vehículo ya no sean la misma.

Basándonos en la ecuación de Newton donde los parámetros utilizados son la masa del vehículo, m , la aceleración lateral del vehículo, A_x , y las fuerzas laterales sobre las ruedas, F_{lf} y F_{lr} :

$$m \cdot A_x = F_{lf} + F_{lr} \quad (11)$$

En base a la determinación de las fuerzas laterales que sufre el vehículo, que son necesarias para la determinación de la rigidez de los neumáticos, el ángulo de giro δ , que ha de efectuarse se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$\delta = \frac{l}{r} + \frac{m}{l} \left(\frac{l_r}{c_{\alpha f}} - \frac{l_f}{c_{\alpha r}} \right) A_x \quad (12)$$

Donde los parámetros utilizados son la distancia entre el centro de masas, G, y la rueda delantera, l_f , la distancia entre el centro de masas, G, y la rueda trasera, l_r , la rigidez del neumático, c_α , la longitud del vehículo, l , la masa del vehículo, m , y el radio de giro, r y la aceleración lateral, A_x .

En la ecuación 10, el término $\frac{l}{r}$ depende de los parámetros del coche y el ángulo de Ackerman. Y el término $\frac{m}{l} \left(\frac{l_r}{c_{\alpha f}} - \frac{l_f}{c_{\alpha r}} \right) A_x$ es influencia de la aceleración lateral y de la rigidez del neumático.

Este ángulo de giro sería igual y contrario para el segundo giro efectuado en la evasión del obstáculo.

Es importante destacar que según la aceleración lateral A_x del vehículo al tomar la curva y la rigidez del neumático c_α , el viraje del vehículo se ve afectado, dando lugar al sobreviraje y al subviraje. A continuación, se muestra lo que ocurre en cada situación:

Si derivamos el ángulo de giro respecto a la aceleración lateral se obtiene:

$$\frac{d\delta}{\partial A_x} = \frac{m}{l} \left(\frac{l_r}{c_{\alpha f}} - \frac{l_f}{c_{\alpha r}} \right) \quad (13)$$

Dependiendo de la relación entre $\frac{l_r}{c_{\alpha f}}$ y $\frac{l_f}{c_{\alpha r}}$ se obtiene:

- Sobreviraje, $\frac{l_r}{c_{\alpha f}} - \frac{l_f}{c_{\alpha r}} < 0$:

$$\Delta\alpha = \alpha_f - \alpha_r < 0 \quad (14)$$

El sobreviraje consiste en una facultad de giro excesiva donde el vehículo tendrá que determinar un ángulo de giro menor al necesario para realizar la curva y así efectuar el cambio correctamente. En este caso, un aumento de velocidad del vehículo implica que el ángulo necesario para seguir la trayectoria sea cada vez menor. Sin embargo, a velocidades elevadas es muy inestable.

- Normal:

$$\Delta\alpha = \alpha_f - \alpha_r = 0 \quad (15)$$

En el caso normal, las fuerzas laterales no influyen sobre las ruedas del vehículo.

- Subviraje, $\frac{l_r}{c_{\alpha f}} - \frac{l_f}{c_{\alpha r}} > 0$:

$$\Delta\alpha = \alpha_f - \alpha_r > 0 \quad (16)$$

El subviraje consiste en una facultad de giro insuficiente donde el vehículo tendrá que determinar un ángulo de giro mayor al necesario para realizar la curva y así efectuar el cambio correctamente. Esta situación es más estable que la del sobreviraje.

Para corregir el sobreviraje y el subviraje, existen sistemas de corrección de estabilidad como el ESP, que utilizan parámetros como de la geometría del vehículo y la rigidez de los neumáticos, que varía según la suspensión, pero esto queda fuera del alcance de esta invención.

3.2.4.6 Control de la posibilidad de ejecución del sistema

Antes de activar el proceso de cambio de carril, se corrobora que el vehículo pueda ejecutar la variación del ángulo, de forma segura, es decir, es fundamental determinar que la variación del ángulo que se requiere que haga el vehículo es viable. Esto es, que sea una variación menor a un valor máximo, pues un cambio de dirección demasiado brusco en el vehículo puede tener consecuencias catastróficas como que vuelque el coche.

Los sensores de distancia y velocidad relativa entre el vehículo y el obstáculo y los sensores de distancia y velocidad relativa entre el vehículo y elementos fijos del entorno, serán los que determinen las posibles trayectorias del vehículo para rebasar el obstáculo. El sensor de ángulo de giro del vehículo determina δ_{medido} , el ángulo de giro que tiene el vehículo antes de realizar el cambio. Cuando la trayectoria se determina, se calcula el ángulo necesario para efectuar dicho cambio de trayectoria con giro, $\delta_{esperado}$.

$$\delta_{medido} - \delta_{esperado} = \delta_{dif} \quad (17)$$

Sin embargo, el vehículo no es capaz de hacer cualquier giro. Según su velocidad, se calcula el umbral de aceptación del ángulo que consiste en el valor máximo que podría girar el vehículo en las condiciones de velocidad en las que se encuentra.

$$\delta_{umbral} = \frac{\delta_{min} - \delta_{max}}{V_{max} - V_{min}} \cdot (V_x - V_{min}) + \delta_{max} \quad (18)$$

En la Figura 28 se puede observar la relación entre el ángulo de giro y la velocidad del vehículo. Se muestra el tramo en el que se encuentra δ_{umbral} . Los parámetros δ_{min} y δ_{max} son parámetros que dependen del tipo de vehículo y de su geometría.

Si $\delta_{dif} > \delta_{umbral}$, no es posible llevar a cabo dicho cambio de trayectoria.

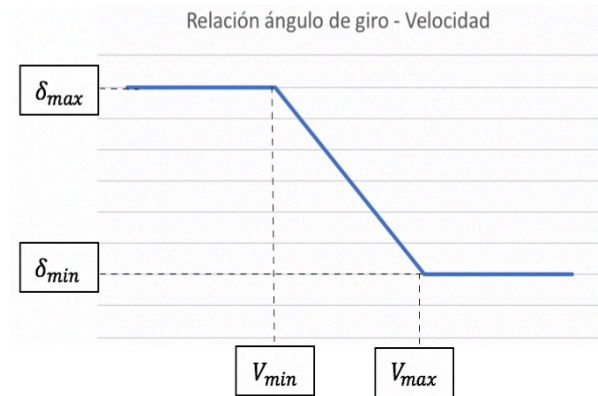


Figura 28. Relación ángulo de giro-Velocidad. Fuente: Elaboración propia.

La variación o ajuste del umbral de variación del ángulo de dirección aceptable actúa como una función de la velocidad del vehículo y cuando la velocidad se encuentra por encima o por debajo de los valores de velocidad máximos o mínimos, se determina que el ángulo toma valores constantes, el máximo o el mínimo posibles. El valor del ángulo de dirección del umbral puede aumentar a medida que disminuye la velocidad del vehículo y viceversa.

3.3 CONCLUSIONES

El sistema de control propuesto concierne a un método y un procedimiento para un sistema de control automático de giro de un vehículo que sigue una trayectoria, orientado a la evasión de un obstáculo en dicha trayectoria y método de control automático de giro del vehículo.

Según el tipo de obstáculo que se encuentre el vehículo, el sistema actuará de una forma u otra con el objetivo de evitarlo de manera sencilla, segura y cómoda para los tripulantes. Se diferenciarán por tanto tres situaciones, frenado, cambio de trayectoria y cambio de trayectoria con frenado.

La característica fundamental y diferenciadora del sistema es la comprobación de la viabilidad del giro. Antes de efectuar el cambio de trayectoria, el vehículo comprueba que se pueda realizar sin peligro, tanto por la existencia o no de obstáculos laterales como por la posibilidad física y mecánica de realizar el giro.

Con el *Sistema TGZ* diseñado y la novedad del sistema respecto a otros sistemas existentes demostrada, en el Capítulo siguiente, se procede a la simulación del sistema inventado en un software especializado, Matlab.

Capítulo 4. SIMULACIÓN

En capítulos anteriores se ha investigado el Estado del Arte y se ha creado el *Sistema TGZ* demostrando su novedad y aplicabilidad industrial. El siguiente paso consiste en la simulación del sistema.

A lo largo de la creación de *Sistema TGZ*, se han planteado diversas eventualidades, situaciones de la vida cotidiana que se pueden dar en cualquier momento. A raíz de esto, este Capítulo consiste por tanto en la modelación de los casos prácticos planteados para comprobar la efectividad del sistema y como responde ante las situaciones planteadas. La simulación se realizará en un software especializado, en concreto, Matlab y Simulink.

4.1 ESCENARIO DE LA EVASIÓN

Matlab y Simulink disponen de una herramienta dedicada totalmente a la conducción autónoma. Esta herramienta se denomina *Automated Driving Toolbox*²⁴ y tiene como objetivo el permitir a los ingenieros desarrollar sus sistemas de la forma más parecida posible al mundo real.

Para la modelación del *Sistema TGZ*, que consiste en la evasión de obstáculos, es fundamental diseñar el escenario en el que se va a trabajar. Dentro de la herramienta de Matlab de conducción autónoma, el *Driving Scenario Designer*²⁴ permite diseñar los escenarios mediante la creación de la carretera y los distintos elementos que circulan por ella.

El escenario consiste en una carretera de tres carriles. La decisión se ha basado en que el sistema para la evasión del obstáculo puede realizar un cambio de trayectoria. Este cambio

²⁴ Matlab, 2021

de trayectoria puede ser a la izquierda o a la derecha según las condiciones de contorno y la viabilidad de la evasión, además del movimiento del obstáculo objetivo a rebasar.

En la Figura 29 se puede visualizar el escenario con las tres líneas de la carretera. A la izquierda, en azul se representa el vehículo que incorpora el *Sistema TGZ* y detrás de él, en naranja, el obstáculo que trata rebasar. A la derecha, para una visión más clara, se muestra una vista aérea del escenario siendo el vehículo con el sistema el rectángulo situado en el punto (0, 0) y el obstáculo que se trata de rebasar el localizado en el (60, 0). En azul y con línea discontinua se aprecian las líneas de la carretera que separan los tres carriles disponibles.

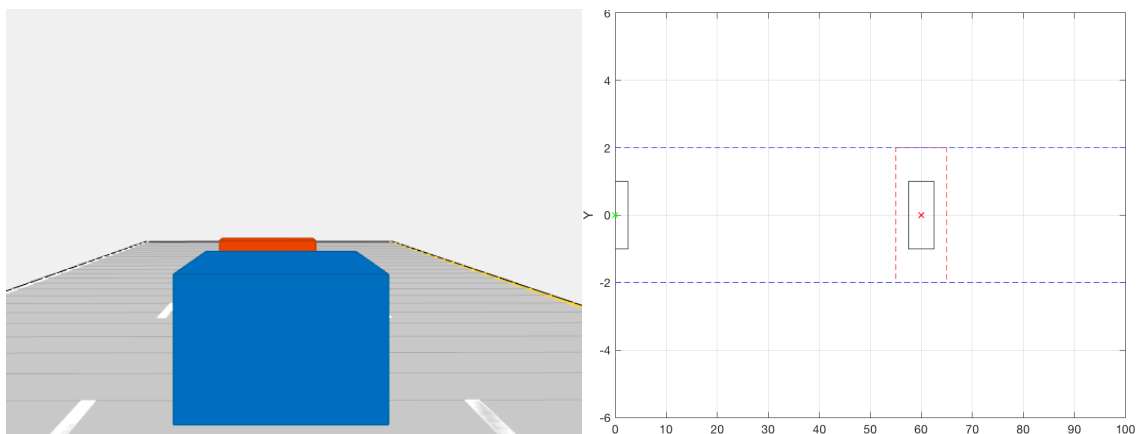


Figura 29. Escenario de la evasión. Fuente: Elaboración propia.

4.1.1 SENSORES DEL VEHÍCULO

Al tratarse de un sistema automático de giro de un vehículo que sigue una trayectoria, orientado a la evasión de un obstáculo en dicha trayectoria, es importante definir previamente el tipo de obstáculos que se espera evitar. Cuando circulamos por la carretera, la gama de obstáculos que nos podemos encontrar es muy amplia por lo que vamos a centrarnos específicamente en obstáculos frontales, es decir, obstáculos que se encuentren frente al vehículo.

Como se ha explicado en el capítulo de la creación del *Sistema TGZ*, los obstáculos frontales pueden ser tanto fijos como móviles. A su vez, cuando se trata de obstáculos móviles, estos

se diferencian en aquellos que siguen la misma trayectoria que el vehículo, como puede ser otro vehículo que circula a una velocidad menor y obstáculos transversales, el caso de un peatón cruzando.

Para la detección de todos estos obstáculos, es vital que el vehículo disponga de los sensores de detección, como pueden ser los LIDAR y de radares de velocidad, correctamente colocados para un funcionamiento óptimo del sistema.

Por tanto, el sistema comprende sensores del ángulo de giro del vehículo que se pueden encontrar en el volante, sensores de distancia y velocidad relativa entre el vehículo y un obstáculo y sensores de distancia y velocidad relativa entre el vehículo y elementos fijos del entorno. Gracias a la presencia de estos sensores, se puede analizar la situación en la que se encuentra el vehículo y, aparte de determinar cual es la mejor forma de evitar el obstáculo, se determina si dicha evasión es viable.

A continuación, se muestra la disposición de los sensores. En azul se representan los sensores de visión y en rojo los radares de velocidad. Los sensores de visión se encuentran en todo el contorno del vehículo para así poder realizar un correcto análisis del entorno. Por otro lado, los radares de velocidad se encuentran en la parte frontal del vehículo. El objetivo es la detección y evasión de obstáculos frontales. Se puede apreciar que se ha optado por la colocación de dos radares frontales laterales en vez de uno solo en el centro. La razón de esto es que, con dos radares, el espectro de visión es más amplio y se detectarían antes los obstáculos transversales que se pueda encontrar el vehículo.

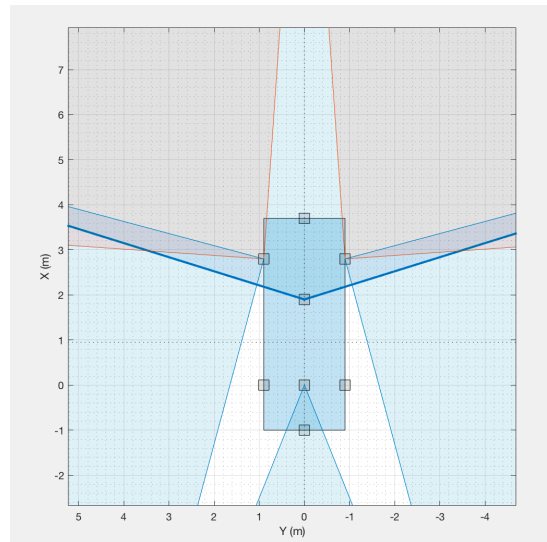


Figura 30. Colocación de los sensores. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra el rango de detección de los sensores. Como se puede apreciar en la figura, el vehículo detecta gracias a los sensores de visión todo el entorno que le rodea y con los radares el rango de detección es muy amplio.

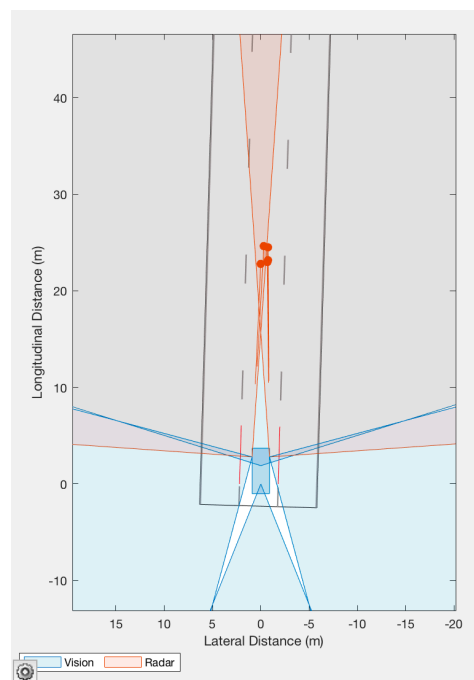


Figura 31. Rango de visión de los sensores. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 MODELO DEL VEHÍCULO

A la hora de diseñar el proceso de evasión en Matlab, se ha encontrado un código ejemplo de evasión de obstáculos fijos en la calzada²⁵. Este código está disponible en el programa que se ha utilizado como base para el diseño del sistema propio.

Se trata de un sistema que hace uso del *Model Predictive Control Toolbox* de Matlab para diseñar y simular controles mediante el uso de sistemas lineales y no lineales.

En cuanto a la dinámica del vehículo para el diseño, el propio programa dispone de un vehículo totalmente programado que se ha empleado para poder elaborar las evasiones del obstáculo.

Consiste en un vehículo de forma rectangular. Sus dimensiones se pueden modificar para así ajustarnos a cada situación. En el caso del sistema desarrollado, el vehículo está compuesto por una longitud de 5 metros y un ancho de 2 metros. El vehículo se caracteriza por cuatro estados que se tomarán como variables de entrada:

- La posición del vehículo en el eje de coordenadas X, x ;
- La posición del vehículo en el eje de coordenadas Y, y ;
- El ángulo de rumbo del vehículo, θ ;
- La velocidad del vehículo, v .

En cuanto al ángulo de rumbo del vehículo, se determina 0° si se dirige al norte y se tomarán valores crecientes del ángulo de dirección en sentido antihorario. La velocidad del vehículo se tomará positiva.

Por otro lado, existen dos variables de salida:

- La aceleración del vehículo, T ;
- El ángulo de giro, δ .

²⁵ *Obstacle Avoidance using Adaptive Model Predictive Control*, Matlab.

En el caso de la aceleración del vehículo, se tomará positiva cuando acelere y negativa cuando frene. El ángulo de giro se tomará positivo en sentido antihorario.

4.2 CODIFICACIÓN DE EVENTOS

En el código se han implementado las ecuaciones que se han utilizado anteriormente en la descripción de la invención.

En primer lugar, para el correcto funcionamiento del código a la hora de ejecutarlo, es necesario introducir los datos que se requieren. Estos datos son:

- Aceleración lateral máxima del vehículo; este dato dependerá de sus dimensiones.
- Velocidad inicial del vehículo; la velocidad inicial del vehículo se determinará siempre positiva y en la dirección de coordenadas del eje X.
- Velocidad del obstáculo; esta velocidad variará según el tipo de obstáculo que nos encontremos. Puede ser tanto en la dirección del eje X como del eje Y.
- Posición del obstáculo; según el tipo de obstáculo, su posición se determinará en cualquier lugar del plano de coordenadas (X, Y). Es importante destacar que se tomará como origen de coordenadas la posición de vehículo que incorpora el sistema de evasión.
- Distancia máxima de detección del obstáculo. Se determinará de forma manual. Esta distancia será la que marque el tipo de evasión que se va a efectuar.

4.2.1 CREACIÓN DE LA ZONA DE SEGURIDAD

Otro aspecto importante que se tiene en cuenta es la creación de una zona de seguridad en torno al obstáculo para prevenir cualquier roce con el. Por defecto, las dimensiones de esta zona serán iguales a las del obstáculo, pero con una ampliación de 2 metros en los laterales y medio metro en la parte delantera y en la trasera.

A continuación, se muestra delimitado en rojo la zona de seguridad:

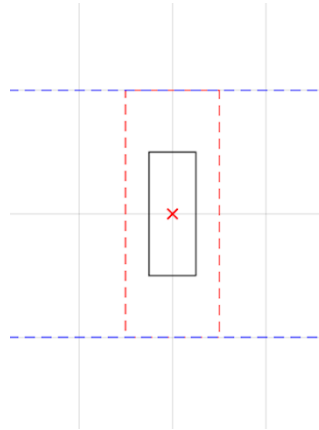


Figura 32. Zona de seguridad entorno al obstáculo. Fuente: elaboración propia.

4.3 MANIOBRA 1: OBSTÁCULO FIJO

La primera maniobra de evasión que se va a desarrollar consiste en la evasión de un obstáculo fijo en la calzada que se coloca a una distancia de 60 m del vehículo. El vehículo en este caso se moverá a una velocidad de 20 m/s y los sensores de detección percibirán el obstáculo a una distancia de 40 metros.

A continuación, la Figura 33 muestra la situación inicial en la que el vehículo circula a velocidad constante por la carretera y todavía no ha detectado el obstáculo:

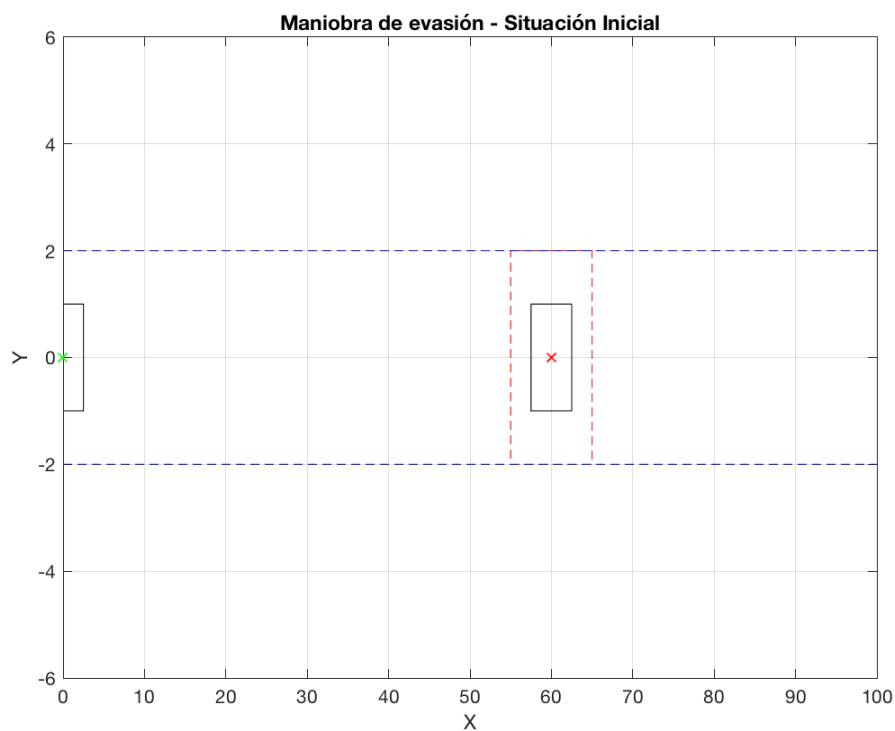


Figura 33. Situación inicial Maniobra 1. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 34 muestra la situación final en la que el vehículo ha detectado el obstáculo fijo en la calzada y ha ejecutado la maniobra de evasión:

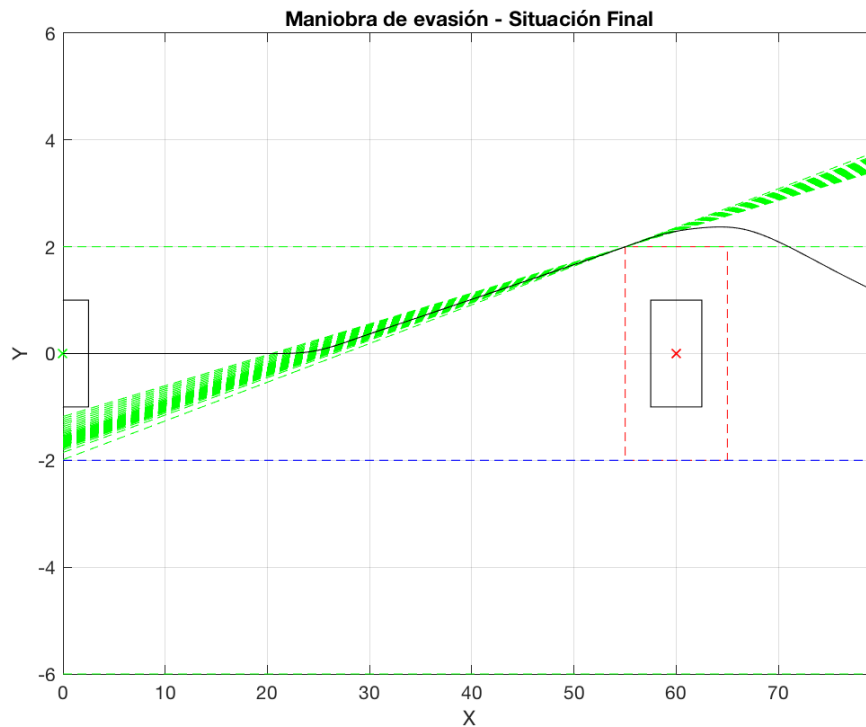


Figura 34. Situación final Maniobra 1. Fuente: Elaboración propia.

En verde se aprecian las distintas rutas de cálculo utilizadas por el controlador para calcular la trayectoria óptima para la evasión. Se aprecia que efectivamente, el vehículo se desplaza respetando la zona de seguridad en torno al obstáculo.

Por otro lado, la Figura 35 muestra las variables de entrada y salida de la Maniobra 1. Por un lado, las variables de entrada X , Y , θ y V muestran la posición del vehículo en el espacio X , Y , su dirección y su velocidad durante la evasión. Por otro lado, las variables de salida, Throttle y Steering angle representan la aceleración del vehículo durante el cambio de trayectoria y la variación del ángulo de giro.

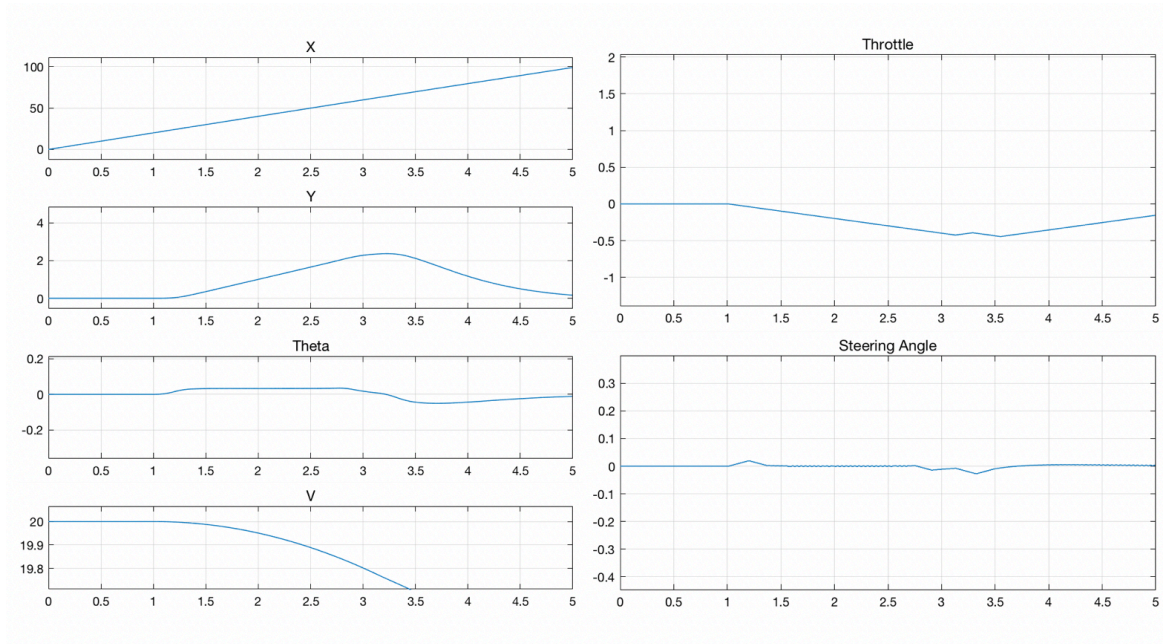


Figura 35. Variables de entrada y salida Maniobra 1. Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los resultados se realiza mediante los siguientes cálculos:

$$\delta_{medido} - \delta_{esperado} = \delta_{dif} \quad (19)$$

δ_{medido} es 0 en este caso pues en vehículo circulaba en línea recta.

$\delta_{esperado}$ es 0,027 rad.

Por tanto, $|\delta_{dif}| = 0,027$ rad.

A continuación, calculamos δ_{umbral} :

$$\delta_{umbral} = \frac{\delta_{min} - \delta_{max}}{V_{max} - V_{min}} \cdot (V_x - V_{min}) + \delta_{max} \quad (20)$$

Se han tomado los siguientes datos, se trata de datos experimentales:

$$\delta_{min} = 1,2^{\circ};$$

$$\delta_{max} = 2^{\circ};$$

$$V_{max} = 120 \frac{Km}{h};$$

$$V_{min} = 8 \frac{Km}{h};$$

$$\delta_{umbral} = \frac{1,2^{\circ} - 2^{\circ}}{120 - 8} \cdot (20 - 8) + 2^{\circ} = 1,91^{\circ} = 0,03341 \text{ rad} \quad (21)$$

Según los cálculos, para el modelo de vehículo elegido, esta evasión se puede realizar sin ningún problema pues, $|\delta_{dif}| < \delta_{umbral}$.

4.4 MANIOBRA 2: OBSTÁCULO MÓVIL

La segunda maniobra de evasión que se va a desarrollar consiste en la evasión de un obstáculo móvil en la calzada que se coloca a una distancia de 60 m del vehículo. El vehículo en este caso se moverá a una velocidad de 20 m/s y los sensores de detección percibirán el obstáculo a una distancia de 40 metros. El obstáculo se moverá a una velocidad de 8 m/s en la dirección del vehículo.

A continuación, la Figura 36 muestra la situación inicial en la que el vehículo circula a velocidad constante por la carretera y todavía no ha detectado el obstáculo:

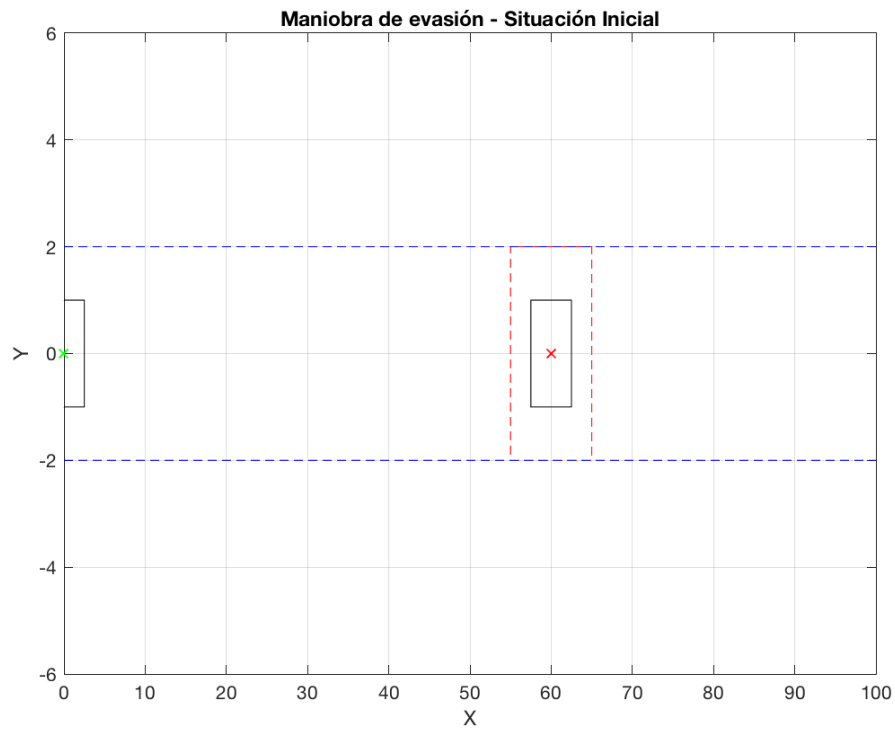


Figura 36. Situación inicial Maniobra 2. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 37 muestra la situación final en la que el vehículo ha detectado el obstáculo fijo en la calzada y ha ejecutado la maniobra de evasión:

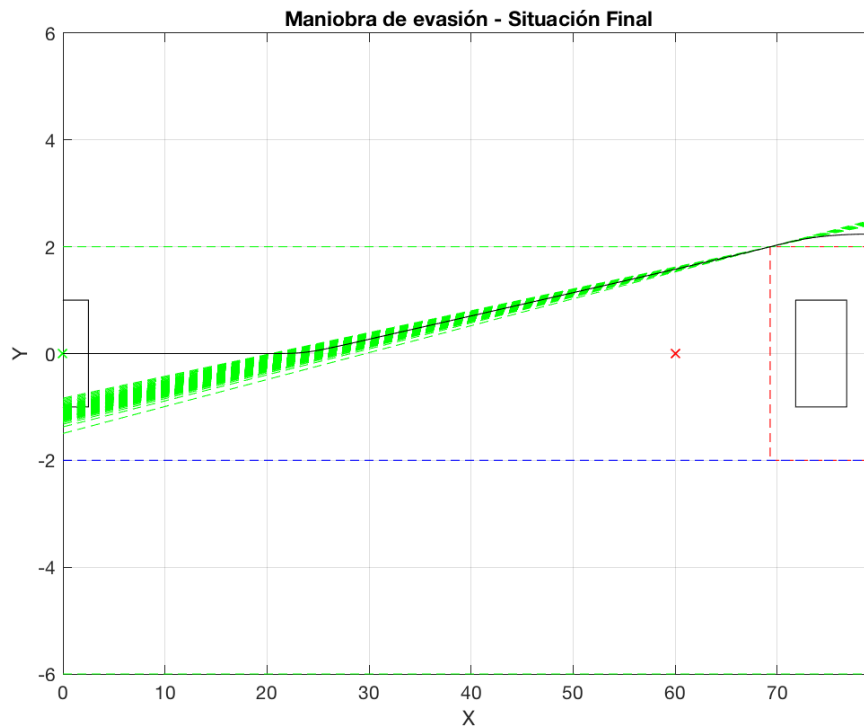


Figura 37. Situación final Maniobra 2. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 38 muestra los datos de entrada y salida de la Maniobra 2. En este caso, el ángulo de giro máximo de la evasión es $0,024^\circ$. Se trata de un ángulo de giro menor que en la Maniobra 1, lo cual tiene sentido pues el obstáculo en este caso se mueve en la misma dirección y sentido que el vehículo y existe una mayor distancia entre vehículo y obstáculo para así realizar la evasión.

δ_{umbral} toma el mismo valor que en la Maniobra 1 por lo que podemos concluir que esta evasión es factible.

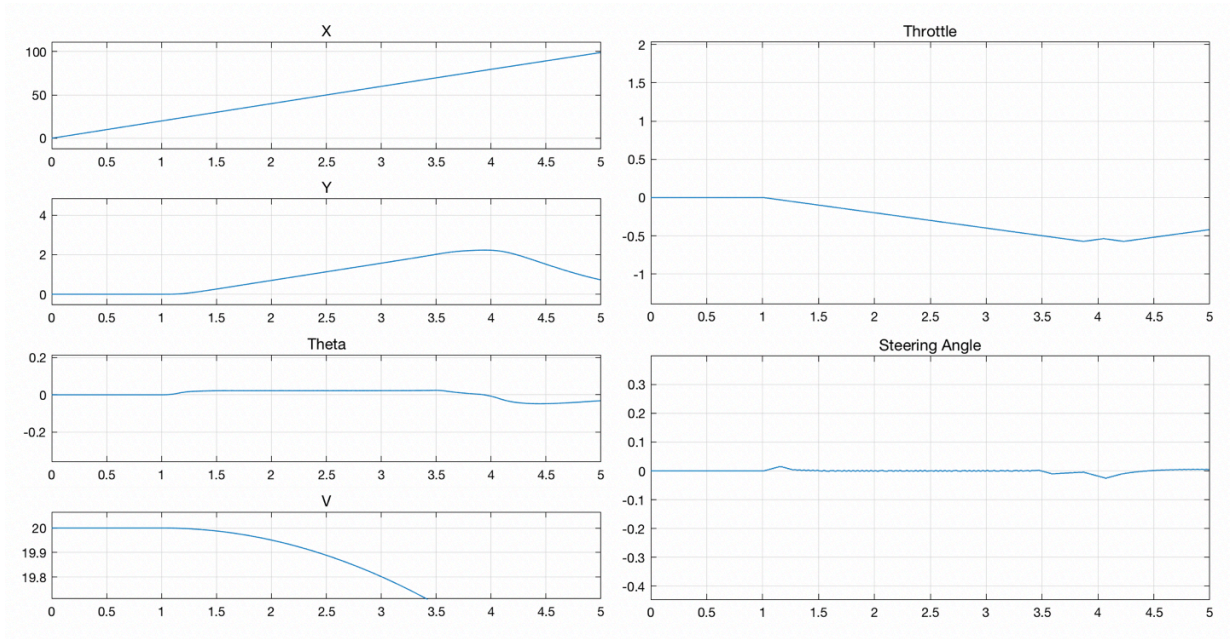


Figura 38. Variables de entrada y salida Maniobra 2. Fuente: Elaboración propia.

4.5 MANIOBRA 3: PEATÓN CRUZANDO

La tercera maniobra de evasión que se va a desarrollar consiste en la evasión de un obstáculo móvil transversal en la calzada, como puede ser un peatón cruzando, que se coloca a una distancia de 60 metros del vehículo en el eje X y a una distancia de 6 metros en el eje Y. El vehículo en este caso se moverá a una velocidad de 20 m/s y los sensores de detección percibirán el obstáculo a una distancia de 40 metros. El obstáculo se moverá a una velocidad de 2 m/s en el sentido negativo del eje Y.

A continuación, la Figura 39 muestra la situación inicial en la que el vehículo circula a velocidad constante por la carretera y todavía no ha detectado el obstáculo:

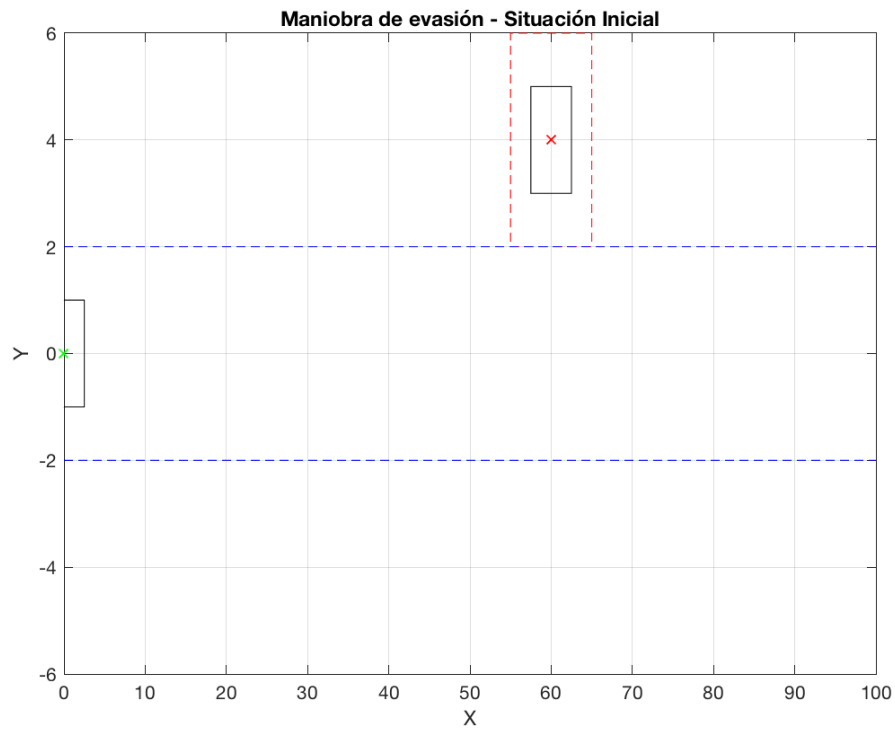


Figura 39. Situación inicial Maniobra 3. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 40 muestra la situación final en la que el vehículo ha detectado el obstáculo fijo en la calzada y ha ejecutado la maniobra de evasión:

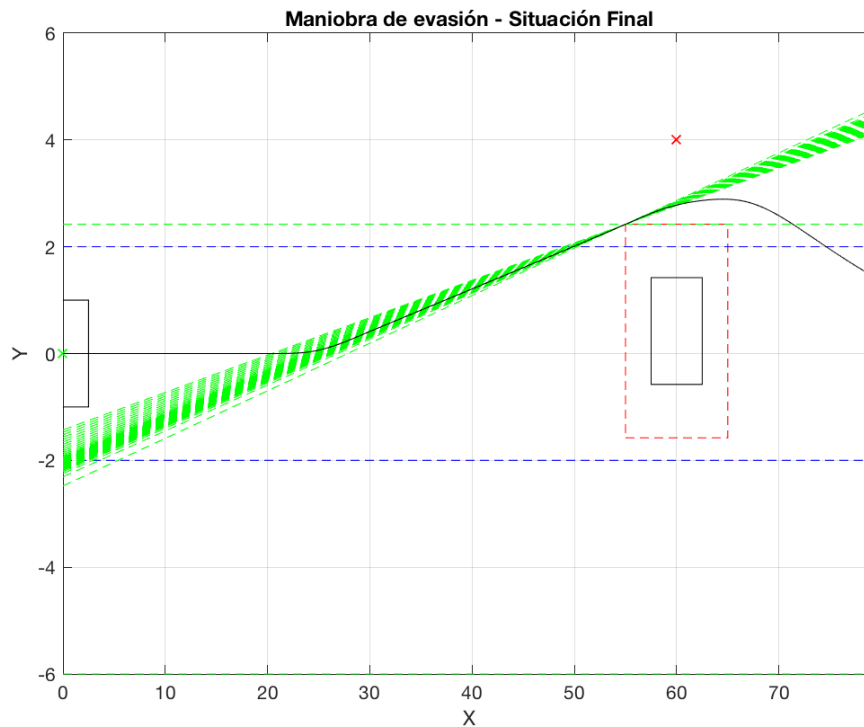


Figura 40. Situación final Maniobra 3. Fuente: Elaboración propia.

Podemos observar que, en este caso, el ángulo de giro que tiene que realizar el vehículo para efectuar la evasión es mayor. El obstáculo y su zona de seguridad aumentan la distancia que tiene que recorrer el vehículo para la evasión haciéndola más complicada.

En la Figura 41, se pueden observar las variables de entrada y salida de la evasión. En ángulo de giro máximo de la evasión que se ha medido es de 0,031 rad, valor que está dentro de los valores de giro permitidos pues δ_{umbral} es 0,033 radianes, pero nos encontramos al límite de lo viable.

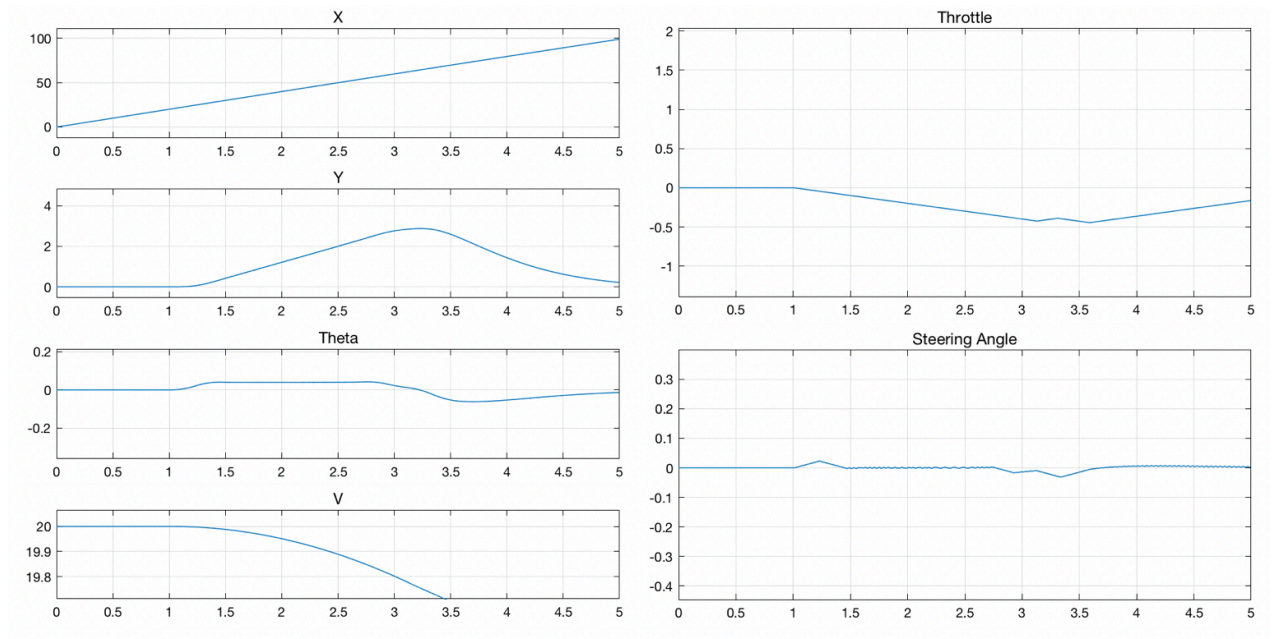


Figura 41. Variables de entrada y salida Maniobra 3. Fuente: Elaboración propia.

4.6 MANIOBRA 4: OBSTÁCULO MÓVIL APROXIMÁNDOSE AL VEHÍCULO

La cuarta maniobra de evasión que se va a desarrollar consiste en la evasión de un obstáculo móvil en la calzada que se coloca a una distancia de 60 m del vehículo. El vehículo en este caso se moverá a una velocidad de 20 m/s y los sensores de detección percibirán el obstáculo a una distancia de 40 metros. El obstáculo se moverá a una velocidad de 2 m/s en la dirección del vehículo, pero sentido contrario al vehículo, es decir, el obstáculo se dirige hacia el vehículo.

En el caso de esta evasión, se puede observar en la Figura 42 como el obstáculo que se va a rebasar cada vez está más próximo al vehículo. Sin embargo, esto no supone problema alguno en la evasión pues los sensores de detección de obstáculos de que dispone el vehículo detectan los obstáculos a grandes distancias permitiendo así que el vehículo realice la maniobra de forma segura, fiable y viable.

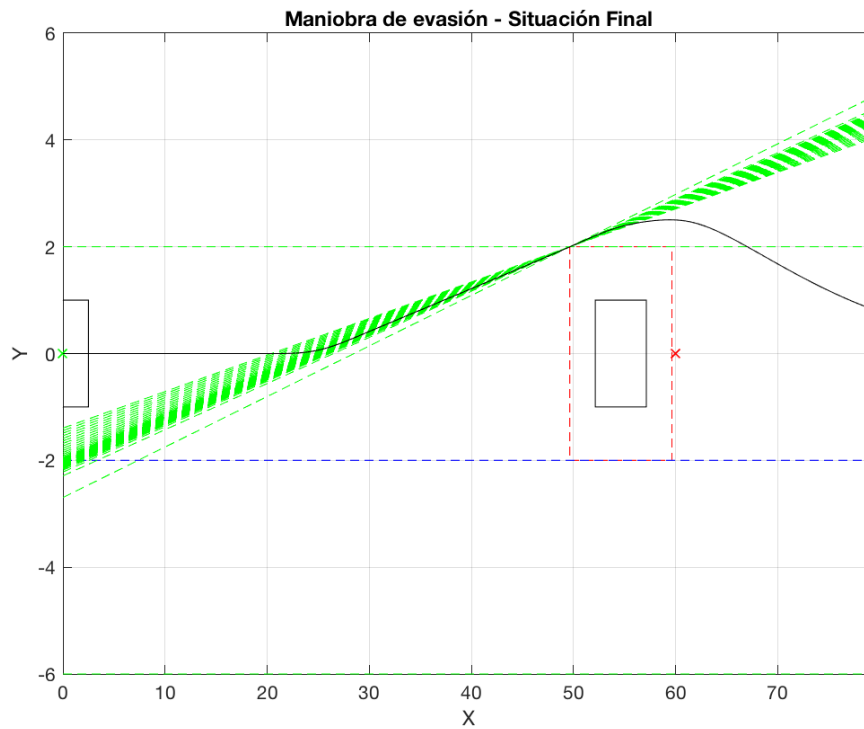


Figura 42. Situación final Maniobra 4. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 43 muestra las variables de entrada y salida de esta evasión. El ángulo de giro máximo medido son 0,029 radianes que es menor al δ_{umbral} y por tanto es una evasión perfectamente viable.

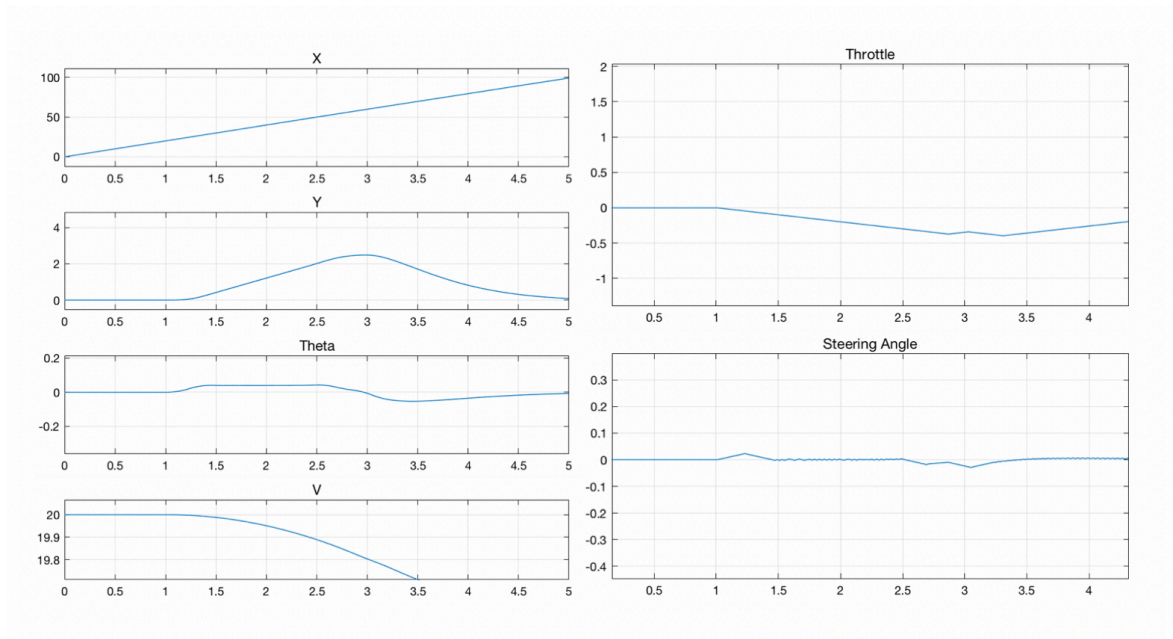


Figura 43. Variables de entrada y salida Maniobra 4. Fuente: Elaboración propia.

4.7 CONCLUSIONES

A lo largo del Capítulo se ha visto la modelación del *Sistema TGZ*. Se ha explicado la colocación de los sensores en el vehículo y posteriormente se han evaluado cuatro posibles maniobras para así ver la efectividad del sistema.

Se han podido desarrollar escenarios distintos con la simulación y se ha comprobado que la metodología planteada responde favorablemente a la modelación. Primero, se ha planteado la situación más sencilla que consiste en la evasión de obstáculos fijos en la calzada. En base a esta situación, se han planteado los obstáculos móviles tanto en la misma dirección que el vehículo como en dirección transversal.

Habiendo visto que funciona el *Sistema TGZ*, procede la explotación y desarrollo del sistema. Para ello, hay que llevar a cabo la propiedad industrial y el estudio de la viabilidad económica.

Capítulo 5. INTRODUCCIÓN A LA PROPIEDAD

INTELECTUAL

A lo largo del proyecto se ha analizado el Estado del Arte en las patentes de conducción autónoma y se ha creado y modelado un sistema de evasión de obstáculos propio, el *Sistema TGZ*.

Visto que se ha creado algo nuevo, es objetivo del proyecto proteger el sistema creado mediante la obtención de una patente. Para ello, es fundamental entender la propiedad intelectual (PI). La PI son todas aquellas creaciones de la mente y está protegida por las leyes mediante patentes, modelos de utilidad, derechos de autor y marcas.

5.1 LAS PATENTES

Una patente es un título otorgado por el Estado y una forma de proteger una invención para así poder explotarla sin peligro de que otros la desarrollen al mismo tiempo sin permiso del titular. Es fundamental que el titular de una patente de a conocer su invención de forma que un experto en la materia pueda entenderla y desarrollarla. Por otro lado, es imprescindible que el inventor explote su invención en un marco de cuatro años desde que se solicita la patente. De no ser así, podría caducar. También, si no se pagan las tasas anuales necesarias para que la patente siga en vigor, la patente caducaría.

Las patentes se conceden durante un periodo máximo de 20 años y una vez finaliza este periodo, se hacen públicas lo cual permite que todas las personas conozcan la invención y puedan desarrollarla y utilizarla.

A la hora de desarrollar el proyecto, se estudian las patentes desde sus tres aspectos fundamentales para así obtener un claro conocimiento de estas. Estos aspectos son:

- Las patentes como elemento de transmisión al público
- El aspecto jurídico de las patentes
- El aspecto económico de las patentes

Las patentes como elemento de transmisión al público se han visto anteriormente en el Capítulo del Estado del Arte. A continuación, nos vamos a centrar en los dos aspectos restantes.

5.2 ASPECTO JURÍDICO DE LAS PATENTES

Para asegurarnos de la originalidad de nuestra invención, es de vital importancia informarse y comprender la propiedad intelectual relacionada con las patentes además de las condiciones y requisitos de patentabilidad²⁶.

- **Novedad:** Para que una patente sea considerada nueva, bajo ningún concepto puede estar comprometida con el estado de la técnica. El estado de la técnica se refiere a toda aquella información relacionada con la patente que haya sido publicada hasta el momento de solicitud de la patente tanto en España como en el extranjero, por divulgación escrita u oral. De no cumplirse estas condiciones, la patente será considerada nula²⁷.
- **Actividad inventiva:** Para que una invención sea patentada, no puede resultar evidente para un experto en la materia. Existe la posibilidad de combinar patentes ya existentes y otros elementos del estado del arte, pero no puede resultar una invención obvia²⁸.

²⁶ Oficina Española de Patentes y Marcas, OEPM, 2021

²⁷ Art. 6.1 LPE, BOE-A-2015-8328 Ley 24/2015, de 24 de julio

²⁸ Art. 8.1 LPE, BOE-A-2015-8328 Ley 24/2015, de 24 de julio

- **Aplicación industrial:** Si una invención puede ser fabricada o utilizada en cualquier clase de industria, incluyendo la agrícola, se considera que la patente tiene aplicación industrial²⁹.

Por otro lado, dentro del aspecto jurídico de las patentes se destaca El Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT)⁴. Dicho tratado, firmado por numerosos países, ofrece a los solicitantes protección internacional de su invención.

5.3 ASPECTO ECONÓMICO DE LAS PATENTES

Conocer el aspecto económico de las patentes es fundamental para poder evaluar el plan de negocio del invento.

La solicitud de una patente requiere una importante inversión económica. Como se ha explicado anteriormente en el Capítulo de introducción a la Propiedad Intelectual, el proceso de solicitud de una patente en la OEPM consta de varias fases y muchas de ellas requieren pagos de tasas³⁰.

El primer paso del proceso es abonar la primera tasa de solicitud de la patente. A continuación, en la OEPM se evaluará la solicitud de la patente, pero, si se encuentra algún error en ella, se tendrá que abonar una segunda tasa adicional. Antes del inicio del examen del Estado de la Técnica, el solicitante tiene la oportunidad de hacer modificaciones en su patente. Por ejemplo, estas modificaciones pueden ser incluir una reivindicación. Este trámite requiere el pago de una tercera tasa. El siguiente paso de solicitud es la realización del examen del Estado de la Técnica. Este paso consiste en la elaboración de un examen obligatorio que supone una cuarta tasa obligatoria.

²⁹ Art. 9 LPE, BOE-A-2015-8328 Ley 24/2015, de 24 de julio

³⁰ OEPM, 2021.

Una vez el proceso de solicitud está completado, tras el tiempo de otorgación de la patente que suele estar entre 18 y 20 meses, habrá que pagar las anualidades. Estas se pagarán durante el periodo de tiempo que se quiera disponer de todos los derechos de la invención y durante un periodo máximo de 20 años. Tras este tiempo, la patente se hace pública y cualquier persona podrá explotarla.

Las tasas de las anualidades van aumentando cada año y si no se pagan, supondrá la caducidad de la patente y la pérdida de todos los derechos que se tenían sobre ella. El pago de los años primero y segundo se incluye directamente en las tasas de solicitud de la patente.

A continuación, se muestran las tasas que se han de pagar a lo largo del periodo de solicitud y las tasas anuales:

Precio de Solicitud de la Patente	Tasa corrección de errores	Tasa de modificaciones	Tasa Estado de la Técnica	Anualidades								
				3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª
101,38 €	42 €	23,42 €	691,50 €	18,66 €	23,29 €	44,55 €	65,75 €	108,54 €	135,12 €	169,56 €	218,22 €	273,53 €
				12ª	13ª	14ª	15ª	16ª	17ª	18ª	19ª	20ª
				321,16 €	368,70 €	416,69 €	445 €	463,44 €	494,90 €	494,90 €	494,90 €	494,90 €

Tabla 4. Tasas para la obtención de una patente. Fuente: Elaboración propia.

Conociendo las tasas que se requiere pagar anteriormente expuestas, se procede a calcular el coste de la patente. En total, la suma de todas las tasas supone un total de 5910,11 €. Si el trámite de la solicitud se realiza de forma telemática, al precio total calculado se le aplica un 15% de descuento en las tasas iniciales suponiendo por tanto un precio total de 5180,56 €.

Por otro lado, el principal aspecto económico de una patente se refiere a la exclusividad en el uso y explotación económica de la invención a la que amparan, durante el periodo de vida de la patente.

5.4 OTRAS FORMAS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL

Otros derechos de la propiedad intelectual protegidos son los Modelos de Utilidad, los Derechos de Autor y las Marcas²⁶.

- **Modelos de utilidad:** La principal diferencia entre una patente y un modelo de utilidad es que las patentes tienen un alcance inventivo más complejo. Los modelos de utilidad se centran específicamente en la mejora útil de invenciones ya existentes. Otra de las diferencias fundamentales entre patentes y modelos de utilidad es que la duración de un modelo de utilidad es de solo 10 años, pero también hay que abonar las tasas anuales necesarias.

Por su lado, la solicitud del modelo de utilidad es más económico y precisa de una tramitación más sencilla. Tampoco se requiere la realización del examen del Estado de la Técnica, por tanto, el modelo de utilidad supone un precio total durante los 10 años de 1563,84€ si se hace la tramitación de forma presencial o 1422,06€ si se hace la tramitación online.

- **Derechos de Autor:** Los Derechos de Autor son aquellos derechos que permiten que escritores y artistas puedan proteger sus obras. Estos derechos protegen las formas artísticas más clásicas como obras literarias, pintura o música hasta los anuncios publicitarios o incluso programas informáticos.
- **Marcas:** Una Marca es el derecho que se entrega a una empresa para poder proteger sus productos y/o servicios con respecto a otras empresas.

5.5 U202100187

A lo largo del proyecto se ha estudiado el Estado del Arte mediante la lectura de las patentes lo que asegura los requisitos de patentabilidad de novedad y actividad inventiva. También, el simple hecho de que se trate de un sistema de conducción autónoma cumple con el

requisito de aplicabilidad industrial. Por tanto, asegurado el cumplimiento de las condiciones necesarias para solicitar una patente y visto que con el *Sistema TGZ* se ha logrado inventar algo nuevo, se procede a llevarlo a cabo.

Previo a la solicitud se valoran si solicitar un modelo de utilidad o una patente. Por un lado, el gran desarrollo de la conducción autónoma actual es indicador de que proteger el *Sistema TGZ* durante el mayor número de años posibles puede resultar beneficioso sobretodo si se pretende comercializarlo. Por otro lado, el modelo de utilidad resulta más atrayente desde un aspecto económico. Finalmente, el 28 de abril de 2021, siguiendo las pautas marcadas por la Oficina Española de Patentes y Marcas y en concreto la Ley de Patentes 24/2015 del 24 de Julio, se obtiene el número de solicitud: U202100187³¹ de la patente titulada *Sistema de conducción autónoma de vehículos*.



MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

Oficina Española de Patentes y Marcas

Nº SOLICITUD: **U202100187**

FECHA Y HORA DE ENTRADA EN OEPM:

FECHA Y HORA DE ENTRADA EN LUGAR DISTINTO A LA OEPM:

LUGAR DE PRESENTACIÓN: España CÓDIGO: ES

INSTANCIA DE SOLICITUD

GRC. Cdo. 28 04-21 MADRID

1. IDENTIFICACIÓN DE LA SOLICITUD

(1) MODALIDAD: ☐ PATENTE DE INVENCION ☒ MODELO DE UTILIDAD

(2) TIPO DE SOLICITUD: ☐ SOLICITUD DIVISIONAL ☐ CAMBIO DE MODALIDAD ☐ TRANSFORMACIÓN SOLICITUD PATENTE EUROPEA ☐ ENTRADA EN FASE NACIONAL DE SOLICITUD INTERNACIONAL PCT

(3) EXPEDIENTE PRINCIPAL O DE ORIGEN: MODALIDAD: Nº SOLICITUD: FECHA PRESENTACIÓN: OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS 28 ABR. 2021 ENTRADA

El solicitante declara, por medio de esta instancia, tener derecho a presentar la solicitud arriba indicada

2. TÍTULO DE LA INVENCION (4)

Sistema de Conducción Autónoma de vehículos

Figura 44. Solicitud del modelo de utilidad. Fuente: Elaboración propia.

³¹ Gella Zubizarreta, 2021

5.6 PROCESO DE SOLICITUD DE PATENTES O MODELOS DE UTILIDAD.

Cualquier persona puede solicitar una patente o modelo de utilidad. En España, la solicitud se puede presentar en la OEPM²⁶, en los registros de cualquier órgano administrativo de la Administración General del Estado o Administración de las Comunidades Autónomas, en oficinas de Correos o bien en la representaciones diplomáticas u oficinas Consulares de España en el extranjero. Se puede realizar de forma directa o a través de un representante o Agente de la Propiedad Industrial. Recientemente se permite solicitar patentes a través de internet lo cual implica un ahorro de tiempo y descuento de tasas de solicitud.

En el caso del *Sistema TGZ*, se ha presentado la solicitud en una oficina de Correos y sin ningún tipo de representación por parte de Agentes de la Propiedad Industrial.

El procedimiento a seguir para patentes y modelos de utilidad no es exactamente el mismo. Por un lado, la solicitud de patentes se puede realizar por dos procesos distintos, un procedimiento general o un procedimiento de concesión con examen previo²⁶. En ambos procedimientos es necesario elaborar un Informe sobre el Estado de la Técnica (IET). Este informe debe incluir todas aquellas publicaciones disponibles en la OEPM que se utilizarán para tener en cuenta posteriormente las consideraciones necesarias sobre la patentabilidad de la invención. En el procedimiento de examen previo se realizará sobre el IET un examen de comprobación de los distintos requisitos de patentabilidad, novedad, actividad inventiva y aplicación industrial. Por otro lado, los modelos de utilidad no requieren de la elaboración de un Informe sobre el Estado de la Técnica y tras el examen previo, si no existen oposiciones se adquirirían directamente todos los derechos del modelo de utilidad y se publicaría.

A continuación, se muestra un diagrama con los pasos a seguir en el proceso de solicitud completo de una patente:

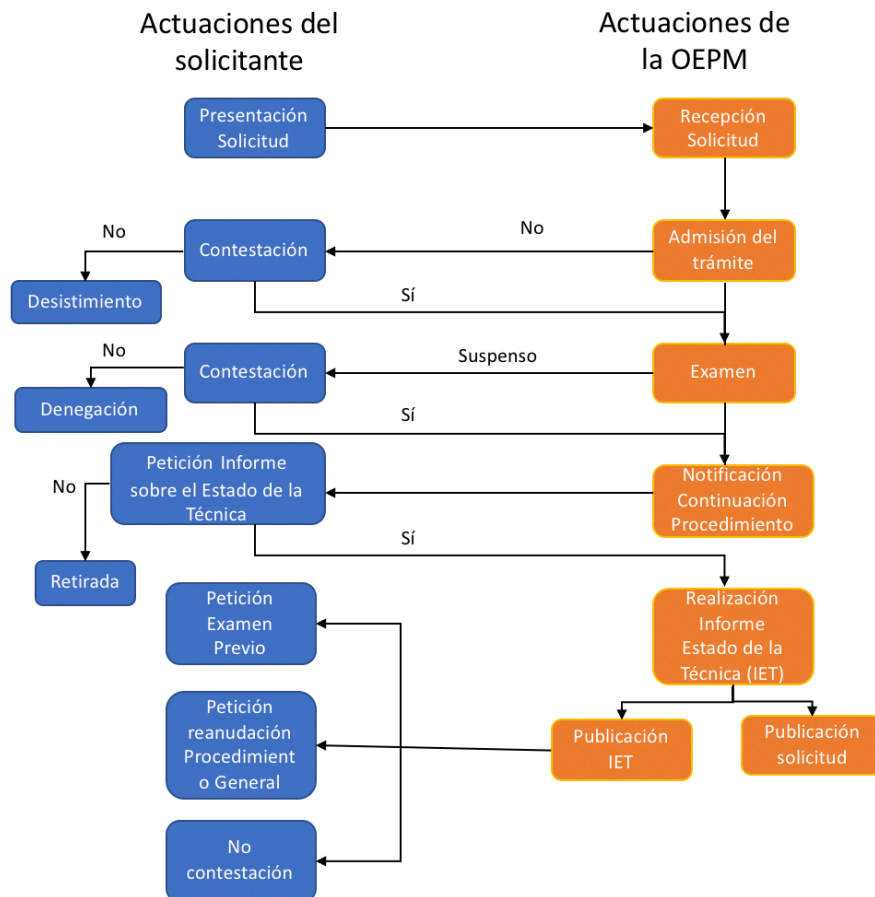


Figura 45. Diagrama de flujo del proceso de solicitud de patentes. Fuente: Elaboración propia.

5.7 PROTECCIÓN DE PATENTES EN EL EXTRANJERO

Una invención patentada en España no está protegida en el resto de los países. Cualquier persona de otro país puede tomar la invención y explotarla libremente. Por ello, existen formas de proteger las patentes en el extranjero.

Como se ha explicado anteriormente, existen organismos internacionales para la protección de patentes cuyo objetivo es la protección de la invención en otros países. En concreto, El Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT) permite que una patente sea protegida en muchos países gracias a una solicitud internacional de la patente. Solo podrán presentar dicha solicitud los ciudadanos de los Estados Contratantes del PCT.

Otra forma de proteger una invención de forma internacional es presentar las solicitudes de patentabilidad en todos aquellos países donde se piense desarrollar la invención.

5.8 CONCLUSIONES

De este capítulo podemos concluir que lo más importante para la solicitud de una patente es que se deben de cumplir los requisitos de actividad inventiva, novedad y aplicación industrial.

En los Capítulos anteriores, se ha investigado el Estado del Arte y se ha desarrollado y simulado el *Sistema TGZ*. De esta forma, se ha comprobado que se cumplen los requisitos necesarios de patentabilidad y se ha llevado a cabo la solicitud del modelo de utilidad U202100187. A continuación, se comprobará la viabilidad económica del *Sistema TGZ* y las posibilidades de desarrollos futuros.

Capítulo 6. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

A partir del *Sistema TGZ* creado y del modelo de utilidad U202100187³², se debe analizar la viabilidad económica del sistema. Es importante considerar el valor del modelo de utilidad solicitado y también el mercado para el posible futuro desarrollo del *Sistema TGZ*.

6.1 VALOR DE PATENTES O MODELOS DE UTILIDAD

Conocer las formas de valoración de patentes o modelos de utilidad es un paso fundamental en el desarrollo del *Sistema TGZ* pues, cada invención tiene su propio precio y valor que puede variar según numerosos factores como el estado de la técnica y el mercado. En concreto, algunos factores para tener en cuenta son:

- La fortaleza o debilidad de la patente o modelo de utilidad,
- Las características diferenciadoras de la patente o modelo de utilidad y,
- Otros derechos de la tecnología relacionada con la invención.

La obtención de patentes o modelos de utilidad otorga derechos de carácter patrimonial sobre las invenciones, es decir, que pueden hipotecarse, cederse o licenciarse.

La valorización puede realizarse en base a Métodos de Valorización Cualitativos o Métodos de Valorización Cuantitativos³³. Nos vamos a centrar principalmente en los Cuantitativos que se basan en datos numéricos, para obtener un valor económico de la invención. Por otro lado, los métodos Cualitativos se centran en aspectos más jurídicos y de comercialización del invento.

³² Gella Zubizarreta, 2021, U202100187

³³ OEPM, 2021

A su vez, para poder evaluar una invención cuantitativamente, existen tres métodos distintos, cada uno de ellos con sus características propias. Según la finalidad de la valorización y el valor buscado, se hará uso de uno u otro método.

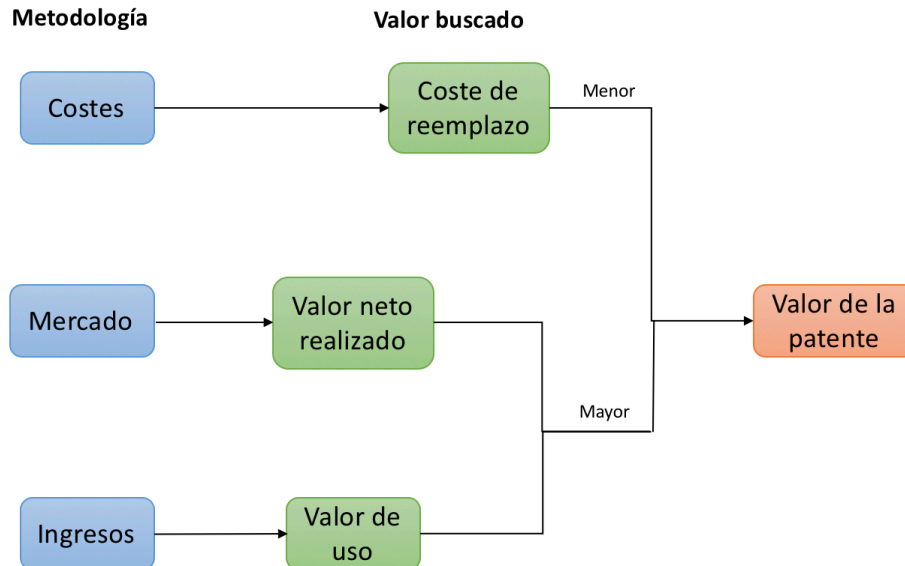


Figura 46. Metodologías para obtener el valor de la patente. Fuente: Elaboración Propia.

- **El método del Coste Teórico:** consiste en estimar el gasto necesario para desarrollar y patentar otra invención similar. Cabe destacar que este enfoque tiene cierta debilidad conceptual, pues los datos que se utilizan se refieren al pasado. Por esta razón, este método de valorización se utiliza sobre todo en negociaciones de precio de compra.
- **El método del Valor de Mercado:** consiste en la determinación del valor de la invención mediante la comparación con otras invenciones previas ya existentes en el mercado.
- **El método de Ingresos Potenciales:** consiste en calcular los posibles ingresos que se obtengan de la invención a lo largo de su vida útil estimada.

A continuación, se muestran algunos de los distintos enfoques de valoración y métodos de valorización:

Método del Valor de Mercado	Método de Ingresos Potenciales	Método del Coste Teórico
• Precios demercado en el mercado activo • Métodos análogos	• Pronóstico de flujo de caja directo • Método de exención de regalías • Método de ganancia en exceso de varios periodos • Método de flujo de efectivo incremental	• Método de reproducción de costes • Método de costo de reemplazo

Tabla 5. Enfoques de valoración y métodos de valoración. Fuente: Elaboración propia

6.2 ANÁLISIS DEL MERCADO

La conducción autónoma supone una revolución absoluta en múltiples factores de la vida de las personas. El desarrollo del *Sistema TGZ* supondrá una importante contribución a la reducción del número de accidentes en las carreteras, convirtiéndolas así en lugares más seguros. También, la reducción de accidentes supondrá un ahorro en reparaciones de automóviles, facturas médicas y facturas legales que puede sumar hasta 576 millones de euros diarios³⁴.

Por otro lado, analizando la conducción autónoma en general, la introducción de este nuevo desarrollo tecnológico ya ha supuesto la apertura de grandes debates relacionados con la

³⁴ Blog Salmon, 2021

ética y la legislación³⁴. Además, se producen grandes preguntas sobre los efectos económicos que puede tener. Por ello, el desarrollo de la conducción autónoma no solo es una revolución tecnológica si no que, también es una revolución social y económica.

Se espera que la comercialización de vehículos totalmente autónomos se inicie en 2025 y va a traer consigo grandes cambios. Entre ellos, se predice la pérdida de numerosas profesiones. Ya existen vehículos automatizados en uso en minería y construcción que han sustituido completamente a los operarios que realizaban las tareas de transporte de materiales³⁵.

También, el desarrollo de esta conducción provocaría la pérdida de taxistas, chóferes, conductores de autobús, etc. En este marco, el transporte será menos costoso, pues ya no será necesario cubrir los costes laborales de estas profesiones³⁶.

Por otro lado, dentro del aspecto económico, ésta nueva tecnología va a suponer un gran ahorro energético. Esto es, si los vehículos están conectados entre sí, son ellos quienes calculan las trayectorias necesarias para evitar obstáculos y otros vehículos, lo cual supondrá un descenso en el número de aceleraciones y frenadas en cada trayecto pues el impredecible factor humano ya no es una variable para tener en cuenta. Se estima una reducción en el consumo de petróleo de 420.000 barriles al día³⁴.

Otro aspecto por considerar es que el desarrollo de una conducción totalmente automatizada implica un mayor movimiento de personas. Una mayor circulación contribuiría notablemente a la conexión de unas ciudades con otras generando así un gran beneficio económico.

El gran desarrollo de la conducción autónoma en la actualidad implica que numerosas empresas estén invirtiendo ingentes cantidades de capital en esta tecnología. Como se ha comentado en el Capítulo del Estado de Arte, las patentes de conducción autónoma son las más solicitadas hoy en día, superando con creces el resto de las tecnologías. Esto supone por

³⁵ Tecnología minera, 2018

³⁶ Ropdigital, 2017

tanto que las inversiones en el desarrollo de la invención sean elevadas. Es importante destacar que, dentro de la industria automotriz, gran parte de las empresas van a acabar desarrollando sistemas de conducción autónoma para sus vehículos, lo que provocará el que todas estas empresas luchan por conseguir las ventajas económicas que puede suponer ser el primero en lanzar su producto al mercado³⁷.

Para hacerse una idea de la inversión que se está realizando actualmente, a continuación, se muestra una tabla con las recaudaciones más altas de startups de conducción autónoma, hoy en día³⁸:

Argo AI	2260 millones de euros
Nuro	872 millones de euros
Aurora Innovation	667 millones de euros
Pony.ai	633 millones de euros
TuSimple	655.7 millones de euros

Tabla 6. Recaudaciones de startups. Fuente: Elaboración propia.

Podemos ver que se trata de cifras muy elevadas. Aún así, es importante destacar que a medida que evoluciona la conducción autónoma, el número de empresas³⁸ en el que se invierte es menor, por una mayor concentración del sector y, probablemente por efecto de la crisis económica que asociada al Covid19.

³⁷ Marketline, 2018

³⁸ Business Insider, 2021

6.3 VALORACIÓN POR INGRESOS POTENCIALES

Las empresas líderes en la producción de vehículos autónomos coinciden en un dato, el desarrollo del sistema de conducción autónoma es más caro que la producción del vehículo en sí³⁷. No obstante, estas empresas no revelan de forma detallada sus costes de producción, lo cual dificulta en gran medida la valoración de la patente pues no se dispone de la información financiera necesaria. Por ello, se procede a hacer la valoración mediante el método de ingresos donde el valor de la patente se estimará en base a la generación de futuros ingresos.

Los pronósticos afirman que en 2022 se espera una venta de 9,4 millones de vehículos³⁹, de los cuales, se considera que un 10% dispondrán de un nivel 3 de autonomía o mayor. Partiendo de este dato, se considera, aleatoriamente, que el *Sistema TGZ* de evasión de obstáculos puede llegar a un 1% de los vehículos autónomos comercializados. Por tanto, en 2022, primer año de explotación de la patente, se esperan unas ventas en torno a 9.400 unidades. Para los años siguientes, se han proyectado las ventas esperadas de un producto similar al *Sistema TGZ* en base a las estimaciones del crecimiento de la industria. Se ha hecho uso de datos públicos de empresas líderes en el sector, documentos de gestores internacionales que analizan compañías similares e Industry Reports de Marketline. Las estimaciones también tienen en cuenta que el crecimiento de la conducción autónoma va de la mano del crecimiento del vehículo eléctrico pues siguen una evolución paralela.

³⁹ Híbridos y eléctricos, 2018.



Figura 47. Ventas esperadas. Fuente: Elaboración propia.

Las ventas se han proyectado durante 20 años desde la solicitud de la patente. Se puede apreciar como se trata de una curva de adaptación con un crecimiento exponencial en los primeros años y que acaba estabilizándose al final. Sin embargo, el modelo de utilidad solicitado solo permite disponer de los derechos de la invención durante un máximo de 10 años por ello, el análisis económico también se centra en este rango de tiempo pues no es posible beneficiarse de una patente u modelo de utilidad después de ser liberado.

Para determinar el precio del *Sistema TGZ*, se han tenido en cuenta los costes de producción, los gastos de personal y los gastos de investigación y desarrollo. Considerando el precio de otros sistemas de ayuda a la conducción disponibles en el mercado, se ha estimado así un precio medio de 200€ netos por cada dispositivo vendido.

Según terceras partes, la valoración de las patentes se suele hacer capitalizando los royalties que pueda generar esa patente en el futuro. Se ha hecho un estudio del rango en el que pueden situarse los royalties de patentes similares y al no encontrar información específica, se ha

estimado un valor entorno al 10%⁴⁰ en base a lo que se paga de software, radares, cámaras, etc. El royalty calculado se aplica a los ingresos generados y con esto se estiman los royalties que podríamos esperar conseguir por las ventas que puede generar el *Sistema TGZ*.

Una vez calculados los royalties esperados, se considera una tasa de descuento acorde con el riesgo que supone una inversión parecida a esta. Para proyectos similares al efectuado, proyectos de I+D, una tasa razonable de descuento está entorno al 50%⁴¹. Siendo consistentes con este dato, se ha estudiado un rango de valoración que incluya posibles eventualidades tanto positivas como negativas. Por ello, por un lado, en el caso positivo se estima una tasa más baja (cuanto más baja mejor) del 40% y, por otro lado, en el caso más desfavorable se estima una tasa de valor más incierta del 60%. A continuación, se muestra el cuadro de resultados obtenidos.

Año	Ventas Esperadas	Ingresos generados	Tasa de Royalties	Royalties Esperados	Tasa de descuento		
					40%	50%	60%
1	9.400	1.880.000	10%	188.000	134.286	125.333	117.500
2	12.500	2.500.000	10%	250.000	127.551	111.111	97.656
3	16.250	3.250.000	10%	325.000	118.440	96.296	79.346
4	19.500	3.900.000	10%	390.000	101.520	77.037	59.509
5	25.000	5.000.000	10%	500.000	92.967	65.844	47.684
6	32.500	6.500.000	10%	650.000	86.327	57.064	38.743
7	42.500	8.500.000	10%	850.000	80.635	49.749	31.665
8	52.500	10.500.000	10%	1.050.000	71.148	40.969	24.447
9	62.500	12.500.000	10%	1.250.000	60.500	32.515	18.190
10	75.000	15.000.000	10%	1.500.000	51.857	26.012	13.642
Total	347.650	42.030.000		6.953.000	925.232	681.931	528.382

Tabla 7. Valorización de la patente. Fuente: Elaboración propia.

⁴⁰ Roberto Moro Visconti, 2018

⁴¹ Clarke, Modet & Cº, 2015

Con estos datos, se han descontado los flujos de caja obteniendo un rango de valoración de nuestra patente de entre 528.382€ y 925.232€, siendo el rango de valoración medio de 681.931€. En caso de vender la patente a un *player industrial* podría tener un valor mayor debido a las sinergias que esto pudiera aportar a sus negocios.

6.4 CONCLUSIONES

A lo largo de este capítulo se han analizado los beneficios que se podrían recaudar durante 10 años de explotación del modelo de utilidad. También se ha analizado el mercado de conducción autónoma y los cambios económicos que se esperan de su desarrollo. Con todos los datos expuestos y conociendo la importancia que tiene el desarrollo de la CA en el mercado, se pueden considerar tres situaciones distintas:

- Quedarse los derechos del modelo de utilidad para explotarlos,
- Vender los derechos del modelo de utilidad o,
- Ceder los derechos por una compensación económica.

Es importante tener en cuenta que el éxito del *Sistema TGZ* no está asegurado. Existen numerosos riesgos como la salida al mercado de un sistema mejor, riesgos legales, riesgos de marketing, riesgos de producción, etc. Teniendo en cuenta el que la inventora no puede dedicar su tiempo y recursos a la creación de una sociedad para la explotación o cesión de los derechos del modelo de utilidad, venderlo es la solución más razonable.

Finalmente, tras un breve análisis de consideraciones económicas se ha comprobado la viabilidad económica del *Sistema TGZ*. En el siguiente Capítulo, se llevará a cabo una extracción de conclusiones y se plantearán futuras líneas de investigación.

Capítulo 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este capítulo se exponen las conclusiones a las que se ha llegado a lo largo del desarrollo del proyecto. También, se presentarán los problemas encontrados y las soluciones por las que se ha optado. Finalmente, se proponen posibles futuras líneas de investigación en el desarrollo del *Sistema TGZ* creado.

7.1 RESULTADOS

Se ha desarrollado un modelo de conducción autónoma. Específicamente, se trata de un sistema de control de un sistema de giro de un vehículo, que es capaz de:

- detectar obstáculos,
- determinar una trayectoria de evasión efectiva y,
- realizar un análisis de la viabilidad de dicha evasión.

También, se ha logrado modelar dicho sistema en un software especializado, en concreto, Matlab y Simulink. De esta forma, se han conseguido analizar distintas situaciones de la vida cotidiana, planteando diversos casos prácticos.

Posteriormente, se ha demostrado que el sistema creado, denominado *Sistema TGZ*, es nuevo inventivo, lo que ha derivado en la solicitud de un Modelo de Utilidad. La solicitud del modelo de utilidad a su vez demuestra que se han cumplido con los requisitos necesarios de patentabilidad: actividad inventiva, novedad y aplicación industrial.

Finalmente, el haber solicitado un modelo de utilidad da pie a realizar una aventura empresarial y facilita una viabilidad económica del *Sistema TGZ*, porque permite ponerlo en producción y contemplar la posibilidad de venderlo.

Para la creación del *Sistema TGZ* ha sido necesario realizar un estudio de la conducción autónoma. Se ha investigado todo lo relacionado con esta nueva tecnología y cuan avanzada

está. Esto se ha logrado a partir del esfuerzo invertido en la lectura de las patentes relacionadas y en el análisis efectuado sobre ellas.

Se ha demostrado que se puede extraer información a partir de patentes anteriormente publicadas. Para ello ha sido crucial familiarizarse con ellas, como elementos de transmisión de conocimiento al público, su aspecto jurídico y también el económico.

Asimismo, las patentes se escriben de forma que un experto en la técnica que tratan sea capaz de seguirlas y entenderlas. Esto ha implicado un estudio de los básicos de dinámica de vehículos. En un principio, se carecía del entendimiento necesario sobre el funcionamiento básico de vehículos, tan imprescindible para realizar este proyecto. Una vez se adquirió el conocimiento requerido, se pudieron entender y analizar las patentes de invenciones ya existentes, sin dificultad.

7.2 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Como se ha expuesto en el capítulo del Estado del Arte, la conducción autónoma está en auge. Es una tecnología que está en continuo desarrollo e innovación. A continuación, se van a presentar futuras líneas de investigación que se pueden desarrollar partiendo del *Sistema TGZ*.

El *Sistema TGZ* es un sistema de control de un sistema de giro de un vehículo que, dentro de la clasificación de conducción autónoma, estaría entre los niveles 2 y 3. El sistema puede controlar el vehículo y rebasar obstáculos sin intervención humana, pero, aún así, necesita de la presencia del conductor en caso de que se de una situación adversa e inesperada y sea el tripulante del vehículo el que tenga que tomar el control. Un siguiente paso en el proyecto puede ser el seguir investigando patentes, pero en vez de centrarse en sistemas de giro del vehículo, ampliar la búsqueda y centrarse en otros sistemas, como la dirección del vehículo o la suspensión. Así, poco a poco, se le puede ir otorgando mayor autonomía al vehículo pudiendo alcanzar niveles más altos en la clasificación de la conducción autónoma.

Otra posibilidad de desarrollo futuro es aprovechar el gran desarrollo tecnológico que está en auge hoy en día para mejorar la conectividad entre vehículos. Si los distintos sistemas de evasión de obstáculos estuviesen interconectados los unos con los otros, se podría lograr un control más eficiente y efectivo de las calzadas al poder predecir el movimiento de los vehículos del entorno.

También, se podría ampliar la búsqueda de patentes a aquellas invenciones relacionadas con sistemas de aprendizaje de vehículos. Sistemas basados principalmente en machine learning e inteligencia artificial, que cada vez que se evite un obstáculo guarden y almacenen la información de la evasión, consiguiendo que el vehículo tenga memoria y pueda mejorar su funcionamiento.

La conducción autónoma cada vez está más cerca y dentro de unas décadas, muy probablemente, será el único sistema de transporte disponible. Es un mercado que, como se ha visto, presenta múltiples líneas de investigación en continuo desarrollo y con un potencial económico muy elevado.

Capítulo 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Oficina Española de patentes y Marcas. Información sobre las patentes y modelos de utilidad, 2021. <http://www.oepm.es/cs/OEPMSite/contenidos/Folletos/06-cuestiones-basicas-patentes-modelos.html>
- [2] Oficina Española de patentes y Marcas. Información sobre la solicitud de las patentes y modelos de utilidad, 2021. http://www.oepm.es/export/sites/oepm/comun/documentos_relacionados/PDF/Manual_Solic_Patentes_Actualizado_FEB2012.pdf
- [3] European Patent Office, Información sobre las patentes, 2021. <https://www.epo.org/service-support/publications.html?pubid=163#tab3>
- [4] Sociedad de Ingenieros Automotrices, SAE, 2021. Información sobre la automoción. <https://www.sae.org>
- [5] Organización mundial de la Propiedad Intelectual, 2021. <https://www.wipo.int/portal/es/>
- [6] Espacenet, búsqueda de patentes, 2021. <https://worldwide.espacenet.com>
- [7] Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2021. <https://www.boe.es>
- [8] Bamboo legal. Información sobre diferencias entre patentes y modelos de utilidad, 2021. <https://www.bamboo.legal/diferencias-patente-y-modelo-de-utilidad/>
- [9] Wolterskluwer, Guías jurídicas. Información sobre las patentes, 2021. https://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAA AAAAEAMtMSbF1jTAAAUMjS1NTtbLUouLM_DxbIwMDCwNzAwuQQGZ apUt-ckhlQaptWmJOcSoAFKcjpzUAAAA=WKE
- [10] Vantaz y Bluefield, ‘Camiones autónomos: La experiencia en Australia y Chile’, 2019. <https://www.mch.cl/informes-tecnicos/camiones-autonomos-la-experiencia-en-australia-y-chile/#>

- [11] Tecnología minera, ‘BHP duplica los camiones autónomos en Jimblebar’, 2018.
<https://tecnologiaminer.com/noticia/bhp-duplica-los-camiones-autonomos-en-jimblebar-1511879427>
- [12] Borja Díaz, Car Driver, ‘Scania introduce un camion autónomo en una mina de Australia’, 2018 <https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/a57334/scania-camion-autonomo-mina-australia/>
- [13] Laura López Lazaro, El Mundo, ‘¿Son los coches autónomos una solución para la movilidad del futuro?’, 2021. <https://avanzamos.elmundo.es/son-los-coches-autonomos-una-solucion-para-la-movilidad-del-futuro.html>
- [14] European Patent Office, ‘Patents and self-driving vehicles, the inventions behind automated driving’, Noviembre 2018.
- [15] European Patent Office, ‘Patents and the fourth industrial revolution, the inventions behind digital transformation’, Diciembre 2017.
- [16] Vu Trieu Minh, Tallinn University of Technology Research Paper, ‘Vehicle Steering Dynamic Calculation and Simulation’, 2012.
https://www.researchgate.net/profile/Vu_Min4/publication/259632108_VEHICLE_STEERING_DYNAMIC_CALCULATION_AND_SIMULATION/links/58ef25eea6fdcc61cc12845b/VEHICLE-STEERING-DYNAMIC-CALCULATION-AND-SIMULATION.pdf
- [17] Creando Conciencia, ‘Cálculo y Análisis Dinámico del Automóvil’, 2021,
<http://creandoconciencia.org.ar/enciclopedia/accidentologia/la-fisica-de-la-colision/COMPORTAMIENTO-DEL-VEHICULO.pdf>
- [18] Matlab.com, Página web de la plataforma utilizada para la modelación en el proyecto, 2021. <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
- [19] Matlab.com, Obstacle Avoidance Using Adaptive Model Predictive Control, 2021.
https://www.mathworks.com/help/mpc/ug/obstacle-avoidance-using-adaptive-model-predictive-control.html?searchHighlight=obstacle%20avoidance&s_tid=srchtitle

- [20] Alejandro Nieto González, El blog Salmón, ‘Coche autónomo y efectos económicos’, 2013. <https://www.elblogsalmon.com/entorno/coche-autonomo-y-efectos-economicos>
- [21] José Manuel Vasallo, ‘Impacto del vehículo autónomo en la movilidad, el territorio y la sociedad: costes, beneficios e interrogantes futuros’, 2017. http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2017/2017_noviembre_3592_08.pdf
- [22] Leandro Borges, Blog Luz, ‘Cómo y porque hacer un estudio de viabilidad económica y financiera’, 2013. <https://blog.luz.vc/es/como-hacer/como-y-por-que-hacer-un-estudio-de-viabilidad-economica-y-financiera/>
- [23] Abril abogados, Información sobre la valoración de patentes, 2021. <https://www.abrilabogados.com/valoracion-patentes/>
- [24] Ester Arias, ‘La valoración económico financiera de las patentes’ 2017. <https://es.slideshare.net/estherarias/la-valoracin-economico-financiera-de-las-patentes-27-noviembre-2012-esther-arias>
- [25] Legorburo Consultores, Asesoramiento Financiero de Empresas, 2021. <https://www.legorburoconsultores.es/peritaje-valoracion-de-patentes-propiedad-industrial-otros-activos-intangibles.html>
- [26] Gonzalo García, Híbridos y Eléctricos, ‘Coches eléctricos, autónomos y baterías, así invierten su dinero los grandes fabricantes’, 2020. <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/coches-electricos-autonomos-baterias-asi-invierten-dinero-grandes-fabricantes/20200210113156033043.html>
- [27] Oficina Española de patentes y Marcas. Información sobre las tasas de las patentes y modelos de utilidad, 2021. http://www.oepm.es/export/sites/oepm/comun/documentos_relacionados/Tasas/Mant_Patentes_Modelos_Utilidad_Anos_Anteriores.pdf
- [28] Carlos Torrijos, El Economista, ‘Lo que cuesta inventar en España: de registrar la idea a pagar las tasas del proyecto’, 2018. <https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/9493212/11/18/Lo-que-cuesta-inventar-en-Espana-de-registrar-la-idea-a-pagar-las-tasas-del-proyecto.html>

- [29] DGT, Informe sobre la autorización de ensayos de vehículos autónomos en vías públicas abiertas al tráfico, 2021. <https://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/15.V-113-Vehiculos-Conduccion-automatizada.pdf>
- [30] Stacey Phillips, Connect Engineers, ‘How autonomous vehicles are driving change in the engineering industry’, 2018. <https://iconnectengineers.com/blog/autonomous-vehicles-driving-change/>
- [31] Lancaster University Case Study, ‘ Self-driving cars, a case study in making new markets’, 2012. https://www.biginnovationcentre.com/wp-content/uploads/2019/07/BIC_SELF-DRIVING-CARS_04.12.2012.pdf
- [32] Tim Pohlmann, IPlytics GmbH, ‘ Patent and SEP trend in autonomous driving technologies’, 2019. <https://www.iam-media.com/patent-and-sep-trends-autonomous-driving-technologies>
- [33] Cameron F. Kerry, Brookings, ‘Gauging investment in self-driving cars’, 2017. <https://www.brookings.edu/research/gauging-investment-in-self-driving-cars/>
- [34] Eric Stasik, Kidonip, ‘Royalty Rates and Licensing Strategies for essential patents on 5G Telecommunication Standards: What to expect’, 2020. <https://www.kidonip.com/wp-content/uploads/2020/09/Royalty-Rates-And-Licensing-Strategies.pdf>
- [35] Seunghyuk Choi, McKinsey & Company, ‘Advanced driver-assistance systems: Challenges and opportunities ahead’, 2016. <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Semiconductors/Our%20Insights/Advanced%20driver%20assistance%20systems%20Challenges%20and%20opportunities%20ahead/Advanced%20driver%20assistance%20systems.pdf>
- [36] Matt Hervey, Gowling WLG, ‘IP and the automotive sector’, 2018. <https://gowlingwlg.com/getmedia/c8d76566-da7e-43b6-94c9-636eb126f467/ip-and-the-automotive-sector.pdf.xml?ext=.pdf>
- [37] Martin A. Bader, ‘Still a long way to value-based patent valuation’, 2009. https://www.wipo.int/edocs/mdocs/sme/en/wipo_insme_smes_ge_10/wipo_insme_smes_ge_10_ref_theme06_01.pdf

- [38] Roberto Moro Visconti, Universidad del Sagrado Corazón, ‘Patent Valuation’, 2018.
https://www.researchgate.net/publication/324200902_Patent_Valuation
- [39] Clarke, Modet & Cº, ‘Valoración económica de los derechos de propiedad industrial’, 2015. https://www.oepm.es/export/sites/oepm/comun/documentos_relacionados/Ponencias/91_02_Ponencias_Jornada_PACKNET_8Oct2015.pdf
- [40] Forococheseléctricos, ‘En 2019 Telsa vendió 1. 000 coches, ¿dónde estará en 2029?, 2020. <https://forococheselectricos.com/2020/01/en-2009-tesla-vendio-1-000-coches-en-2019-acumulaba-650-000-unidades-donde-estaran-en-2029.html>
- [41] Marketline, ‘Future of Autonomous Cars: Driveless cars are emerging but much work remains to achieve commercial success’, 2018.
- [42] Marketline, ‘Autonomous vehicles: The coming insurrection’, 2018.
- [43] Híbridos y eléctricos, ‘Las ventas de vehículos autónomos superarán los 33 millones anuales en 2040’, 2018.
<https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/ventas-vehiculos-autonomos-superaran-33-millones-anuales-2040-ihs-markit/20180108112126016669.html>

BIBLIOGRAFÍA DE PATENTES

Las siguientes 17 páginas componen la Bibliografía de Patentes.

Número de publicación	Empresa o particular solicitante	Apellido del inventor	Año de solicitud	Año de publicación	Problema que intenta resolver	Núcleo de la investigación
US20140156134A1	Google LLC, Waymo LLC	Cullinane et. al.	2012	2014	El problema que se trata es como pasar de conducción manual a conducción autónoma. Para ello, es necesario analizar un conjunto de datos formado por el ambiente en el que se encuentra el vehículo, datos propios del vehículo y de su sistema de funcionamiento y datos del conductor.	La investigación se centra en un método que consiste en recibir la instrucción de pasar de conducción manual a conducción autónoma. A continuación, el vehículo analiza la información necesaria y desarrolla una concatenación de pasos para realizar las sucesivas tareas que activan la conducción autónoma.
US9802624B2	Volvo Car Corp	Thor et. al.	2015	2017	El problema que se trata es como detectar objetos que obstruyen el paso del vehículo de conducción autónoma.	Se centra principalmente en la detección de objetos a muy bajas velocidades.
US20140074388A1	Continental Teves AG and Co oHG	Bretzigheimer et. al.	2012	2014	El problema que se trata es como en un vehículo de conducción asistida, el sistema trata de predecir una situación de colisión y reduce las posibilidades de accidente. Solo se utilizaría en caso de emergencia y se trata de buscar una combinación de un movimiento de volante, frenos y el coeficiente de fricción.	La investigación se centra en un desarrollar un método y un utensilio de predicción de colisiones y reducir posibilidades de accidente. Trayectorias T y U. La variable principal es el coeficiente de fricción.
DE102008040241A1	Robert Bosch GmbH	Freess	2008	2010	El problema que se trata es como ayudar al conductor de un vehículo en una maniobra evasiva teniendo en cuenta datos como los alrededores del vehículo y la presencia o no de obstáculos.	La investigación se centra en desarrollar un método y un utensilio por el cual teniendo en cuenta los datos mencionados antes en cuanto el conductor lleva a cabo la maniobra evasiva, la conducción asistida se activa y calcula una trayectoria por la cual se llavará el vehículo.
DE10338760A1	Daimlerchrysler Ag	Bullinger	2003	2005	El problema que trata es la creación de un sistema de seguridad capaz de proporcionar ayuda al conductor en caso de peligro consiguiendo así reducir las posibilidades de accidente.	Vehículo de motor con un sistema de seguridad previa, que comprende dispositivos de seguridad activos y / o pasivos, que se controlan en función de la información que se registra al menos por un dispositivo de reconocimiento del entorno del vehículo y un dispositivo de adquisición de datos de situación de conducción y se evalúa en una evaluación de datos.
DE102016210848A1	Ford Global Technologies, Llc	Arndt	2015	2017	El problema que trata es la creación de un sistema de seguridad capaz de proporcionar ayuda al conductor en caso de peligro consiguiendo así reducir las posibilidades de accidente. Los vehículos actualmente en el mercado generalmente tienen varios equipos de seguridad activa para ayudar al conductor en determinadas situaciones de tráfico. Para ello, se requiere tanto una detección del entorno del vehículo como una detección de objetos y situaciones. Otra subfunción incluye el cálculo de una ruta adecuada para evitar o evitar colisiones.	Un método para evitar una colisión de un vehículo con un objeto, en el que al menos un objeto ubicado en el entorno del vehículo es detectado por sensor y evaluado con respecto al riesgo de colisión con el vehículo, en el que una intervención automática en el movimiento del vehículo tiene lugar en dependencia de esta evaluación.
DE102011106520A1	Daimler AG	Kloss Alfred	2011	2011	Un método para prevenir una colisión de un vehículo, en el que se detecta una posición y un movimiento de objetos en el entorno de un vehículo en relación con el vehículo y se evalúa el riesgo de colisión, e interviene automáticamente dependiendo de la evaluación del riesgo de colisión en un vehículo. sistema de frenos y / o un sistema de dirección del vehículo. Según la invención, se prefieren las maniobras de frenado a las maniobras evasivas. Esto tiene en cuenta ventajosamente el hecho de que las maniobras evasivas son generalmente más riesgosas que las maniobras de frenado, ya que evitarlas puede provocar más peligros de colisión, por ejemplo con vehículos que se escapan, y puede llevar más fácilmente al conductor a perder el control del vehículo.	Un método para prevenir una colisión de un vehículo, en el que se detecta una posición y un movimiento de objetos en el entorno de un vehículo en relación con el vehículo y se evalúa el riesgo de colisión, e interviene automáticamente dependiendo de la evaluación del riesgo de colisión en un vehículo. sistema de frenos y / o sistema de dirección del vehículo
DE10349211A1	Robert Bosch GmbH	Heinbrodt	2003	2005	El problema que trata es la creación de un sistema de seguridad capaz de proporcionar ayuda al conductor en caso de peligro consiguiendo así reducir las posibilidades de accidente. El sistema de frenos antibloqueo, sin embargo, en caso de frenado de emergencia desde diferentes lugares, a menudo no alcanza la distancia de frenado más pequeña posible.	Asistencia de frenado para vehículos de motor, con un dispositivo de control para controlar la fuerza de frenado, un sensor de fuerza de frenado y un dispositivo de evaluación para la detección de una solicitud de frenado de emergencia del conductor y para la preparación o inicio del frenado de emergencia, caracterizado porque la evaluación dispositivo. Las señales de un sistema de sensores ambientales recibe y evalúa.

US9707973B2	Toyota Motor Corp	Kobana	2012	2017	El problema que trata es cuando hay una situación de peligro, el conductor tiende a actuar de forma repentina, y se desarrolla un sistema para que el vehículo tome acción en ese momento.	Un sistema de conducción autónoma para sacar al conductor de una situación de peligro.
EP3119648B1	Wabco GmbH	WULF	2015	2019	La invención se refiere a un método para hacer funcionar un sistema de seguridad o asistencia al conductor de funcionamiento autónomo de un vehículo de motor. Dichos sistemas tienen sensores que detectan sensorialmente al menos el faldón del vehículo en el sentido de la marcha, y sus datos se evalúan en un ordenador utilizando un software adecuado. Sobre la base del conocimiento adquirido por este procesamiento de datos, la computadora puede disparar y ejecutar automáticamente controles de frenado, velocidad, distancia, compensación y / o evitación a través de los dispositivos de control y actuadores correspondientes.	Método para operar un sistema de seguridad o asistencia al conductor que opere de forma autónoma.
US6318819B1	Continental Teves AG and Co oHG	Bohm	1998	2001	Los sistemas de frenos de los vehículos automotores son cada vez más complejos. Los sistemas como los sistemas de control antibloqueo (ABS), el control de tracción y los sistemas de estabilización del vehículo requieren una gestión individual de los frenos para ruedas individuales. Estos sistemas, cuando se activan, a menudo provocan pulsaciones de retroalimentación a través del pedal del freno. Estas pulsaciones son muy molestas para el conductor. Un remedio lo proporciona un desacoplamiento mecánico del accionamiento del freno de rueda y el pedal del freno.	Un método para manejar errores en un sistema de frenos electrónicos de diseño modular de vehículos compuesto por varios módulos inteligentes.
WO2008007202A1	Toshinori Okita	Okita	2007	2009	El problema que trata de resolver es como detectar un obstáculo en la carretera y que el vehículo sepa reaccionar.	Un dispositivo de control de apoyo a la conducción que comprende medios de detección de obstáculos para detectar la posición de un obstáculo presente en una dirección de desplazamiento de un vehículo anfitrión; medios de control de apoyo a la conducción para realizar un control de apoyo a la conducción de la conducción de apoyo del vehículo anfitrión; medios de cálculo del riesgo de colisión para calcular el riesgo de colisión entre el vehículo anfitrión y el obstáculo detectado; y medios de determinación de control de apoyo a la conducción para determinar si el control de apoyo a la conducción es necesario o no en base al riesgo de colisión calculado.
US8639433B2	Conti Temic Microelectronic GmbH	Meis	2010	2014	El problema que trata de resolver es como calcular la trayectoria del vehículo teniendo en cuenta los lateral boundaries.	Método para ayudar al conductor de un vehículo a guiar el vehículo en una carretera utilizando un sistema de sensor de imagen, detectando al menos dos tipos diferentes de datos de imagen de un entorno de vehículo fuera del vehículo.
DE102004021174A1	Daimler AG	Brauner	2004	2005	El problema que se trata es un sistema que sea capaz de proteger al conductor y a sus acompañantes. Un sistema de seguridad previa, en el que mediante un sensor se detectan los datos de las condiciones de conducción y que dispone de un sistema de protección de ocupantes reversible, que puede activarse antes de un tiempo de colisión y, por tanto, ponerse en posición operativa.	Método para controlar al menos un componente relevante para la seguridad de un vehículo de motor, en particular un automóvil de pasajeros, dependiendo de una dinámica de conducción del vehículo de motor detectada a través de sensores, donde el control del componente relevante para la seguridad depende de al menos un predefinido y El umbral de dinámica de conducción crítica adaptable y para la seguridad en la conducción es tal que se reduce el riesgo de lesiones para el ocupante del vehículo y / o un compañero de colisión.

ES2714082T3	Continental Automotive GmbH	Schnieders	2014	2019	Puede surgir un problema que es que el conductor automático no funcione como debe. La causa para la entrega del guiado del vehículo al conductor se puede deber al propio vehículo, por ejemplo en caso de un fallo técnico de un sistema decisivo para el funcionamiento según lo previsto del dispositivo de guiado del dispositivo de guiado del vehículo. Además, en el entorno del vehículo se pueden producir situaciones de conducción inesperadas, obstáculos o situaciones de falta de visibilidad, que impidan al dispositivo de guiado del vehículo conducir el vehículo con seguridad. Otro problema puede consistir en que un sistema de comunicación con otros vehículos o con centros de servicio, que asistan al dispositivo de guiado del vehículo, no funcione debidamente.	La investigación se centra en un sistema para el control de una conducción altamente automatizada de un vehículo que comprende de un dispositivo de guiado del vehículo, un dispositivo de evaluación, un dispositivo de control.
US8698639B2	Honda Motor Co Ltd	Fung	2011	2014	El problema en el que se centra es que los vehículos son operados por conductores en distintas condiciones. Hay factores como la falta de sueño, condiciones monótonas en la carretera, problemas de salud... que pueden afectar a la forma de conducir. Se trata de buscar un método que sea capaz de leer la información del conductor y se conecte en caso de peligro con conducción autónoma.	La realización actual se refiere a vehículos de motor y, en particular, a un sistema y método para responder al comportamiento del conductor.
WO2016179715A1	Pedro Renato Gonzalez Mendez	Pedro Renato Gonzalez Mendez	2015	2016	El problema que se plantea es que en los camiones de carga tipo remolque, existe un control de seguridad para la cabina del conductor pero no existe ninguno para el remolque donde se transporta la carga (que en algunos casos puede ser peligrosa).	El método que se propone para resolver consiste en crear un método de comunicación entre el container y un sistema estacionario. A este sistema se le añadirá un método de seguridad que realiza una labor de escaneo de todos los alrededores del vehículo durante la conducción y realiza advertencias de colisión si detecta algún obstáculo. El sistema se caracteriza porque permite medir, registrar, describir, analizar, almacenar y representar información de la trayectoria física del desplazamiento. Además se incluye un sistema de detención del vehículo en caso de peligro.
US10071748B2	Soy Corp	Gupta	2015	2018	El problema que trata de resolver es que en muchas ocasiones, cuando un conductor intenta adelantar, no se mantiene la distancia de seguridad. Es aquí donde surge la idea de crear un sistema de conducción autónoma capaz de tomar el control del vehículo en caso de peligro para describir una trayectoria más segura.	El método propuesto es crear un sistema de conducción asistida que controle el vehículo y sea capaz de detectar el vehículo que se va a adelantar. Además, sea capaz de calcular la distancia necesaria para que se pueda realizar la acción con seguridad.
US20180004211A1	GM Global Tech Operations LLC	Grimm	2016	2018	El problema trata de que en muchas ocasiones, los conductores de vehículos no confían tal y como deberían de las capacidades de conducción autónoma del vehículo. Esto les lleva a no hacer uso del sistema. Para arreglar dicho problema, se busca crear un sistema de conducción autónoma fiable que realice un buen cálculo de rutas alternativas en caso de peligro y que el sistema autónomo tome el control.	El método propuesto para solucionar el problema es: una unidad de procesamiento basada en hardware; y un medio de almacenamiento no transitorio legible por computadora que comprende: un módulo de interfaz de entrada que, cuando se ejecuta por la unidad de procesamiento basada en hardware, obtiene datos de factores que indican uno o más factores relevantes para determinar la ruta de viaje de un vehículo; y un módulo de generación de rutas que comprende un submódulo de complejidad de rutas.
US20180074497A1	Panasonic Intellectual Property Management Co Ltd	Tsuji	2016	2018	El problema que se plantea es como es capaz de actuar un coche con conducción autónoma. Como es capaz de saber que hacer y como actuar.	Para resolver el problema se plantea un método de estudio del historial del coche, cosas como el 'travel environment', 'travel history'. En base a los datos tomados, se crea un modelo.
US9956963B2	GM Global Technology Operations LLC	Kumar	2016	2018	En muchas ocasiones, la actuación del conductor al volante se ve afectada por cansancio y fatiga. El objetivo es analizar el estado del conductor para que en caso de peligro, se pueda conectar el sistema de conducción autónoma.	Para resolver el problema se plantea un modelo informático que recibe distintos datos de salud del conductor. Se recopilan una serie de datos y se crea un modelo que se irá comparando cada vez que entren nuevos datos para comprobar cambios en la actuación del conductor.
US20180326907A1	International Business Machines Corp	Bernstein	2018	2018	El problema es que muchas veces hay objetos en la calzada que suponen un verdadero peligro para conductores. Se quiere crear un sistema de aviso en caso de peligro de colisión.	Se crea un método informático que crea un aviso en caso de peligro. Esto lo hace definiendo un área alrededor del vehículo en el que si entra un objeto externo a él, se genera un aviso.

US20170108864A1	ZF Friedrichshafen AG	Wiklika	2016	2017	La presente invención se refiere a un sistema de vehículo de un vehículo para al menos un usuario del vehículo y a un proceso para activar una unidad de conducción autónoma para la conducción autónoma. Los vehículos de conducción autónoma pueden, en determinadas situaciones, llevar al usuario del vehículo a su destino de forma más segura que el usuario del vehículo cuando conduce él mismo. Por lo general, el usuario del vehículo inicia el modo de conducción autónoma antes de comenzar a conducir o durante la conducción. Sin embargo, si el conductor no puede activar la conducción autónoma o no se da cuenta de que sería más seguro conducir de forma autónoma, existe un mayor riesgo de accidente.	Se centra en crear un sistema en el vehículo que tenga cámara, memoria, un sistema de evaluación, un sistema de conducción autónoma... todo ello con un sistema que reaccione a algún tipo de señal para activar la conducción autónoma.
US10635101B2	Honda Motor Co Ltd	Westbrook	2017	2020	La presente divulgación se refiere a generar un perfil de evaluación de riesgos y determinar qué riesgos están asociados con permitir que un conductor haga la transición de un modo de conducción autónoma a un modo de conducción manual basado en el perfil de evaluación de riesgos.	El método propuesto es un sistema que una memoria que pase de conducción manual a conducción autónoma según el riesgo. Para medir esto dispone de un sensor que recibe ondas electromagnéticas cerebrales y las analiza.
US9646428B1	State Farm Mutual Automobile Insurance Co	Konrardy	2015	2017	El problema es que en ocasiones, no hay un seguro existente que cubra protección financiera en caso de daño físico causado en caso de accidente con conducción autónoma.	Para resolver el problema, se usa un programa informático que analiza todas las veces que se ha usado la conducción autónoma: recibir, en uno o más procesadores, datos operativos relacionados con el funcionamiento del vehículo, determinar la ocurrencia de un incidente que involucre al vehículo y un tipo de incidente, determinante, una respuesta al incidente.
US20190041850A1	Chase	Chase	2018	2019	Muchas veces surge un problema a la hora de cambiar del sistema de conducción manual al sistema de conducción autónoma. En situaciones especiales como casos de lluvia, nieve o niebla, no debería de estar permitido el uso de conducción autónoma pues estas capacidades se ven alteradas.	Para resolver el problema se propone un controlador que analice las señales necesarias para poder llevar a cabo el cambio de tipo de conducción.
US10471969B1	GM Global Technology Operations LLC	Laserra	2019	2019	Operar un vehículo bajo la influencia de drogas y / o alcohol es extremadamente peligroso no solo para los ocupantes del vehículo, sino también para cualquier persona que se encuentre cerca del vehículo. Los vehículos autónomos alivian este problema al autocontrolarse y no permitir que un ocupante ebrio tome el control del vehículo. Por tanto, es deseable impedir que los ocupantes del vehículo cambien su vehículo autónomo a un modo de conducción manual mientras están intoxicados. Además, es deseable transferir automáticamente el vehículo autónomo fuera de su modo de conducción manual cuando se detecta que sus ocupantes están deteriorados.	Un método para restringir las operaciones manuales del vehículo en respuesta a una detección de intoxicación por parte del ocupante del vehículo debido a que el ocupante del vehículo está bajo la influencia de drogas o alcohol o drogas y alcohol, de manera que el ocupante del vehículo no está legalmente autorizado a operar el vehículo en un manual. modo de conducción, comprendiendo el método: detectar que un ocupante del vehículo está en estado de ebriedad; en respuesta a la detección de que el ocupante del vehículo está en estado de ebriedad: cuando un vehículo está en un modo de conducción autónoma, restringir que el ocupante del vehículo pueda cambiar el vehículo a un modo de conducción manual; y cuando el vehículo está en el modo de conducción manual, proporcionar una notificación configurada para advertir al ocupante del vehículo de los riesgos asociados con la operación del vehículo mientras está en estado de ebriedad y la notificación se configura para recomendar que el ocupante del vehículo cambie el vehículo al modo de conducción autónoma .
US20190056731A1	Honda Motor Co Ltd	Westbrook	2017	2019	Según en que situación se encuentra el conductor, es necesario que se active la conducción autónoma o no. Para esto, es necesario que se desarrollen una serie de análisis para poder analizar la situación correctamente.	Para solucionar el problema, se crea un modelo que analice la necesidad de conducción autónoma mediante: 1) un análisis psicológico del conductor, 2) una determinación del riesgo, 3) sistema de control mediante conducción autónoma

US10635101B2	Honda Motor Co Ltd	Westbrook	2017	2020	Un sistema de vehículo, como un sistema de conducción automático, puede monitorear el estado físico de un conductor para determinar si un vehículo puede operarse en un modo de conducción manual o en un modo de conducción autónoma. Por ejemplo, el sistema de conducción automática puede utilizar observaciones físicas, por ejemplo, cámaras, para evaluar el comportamiento del conductor y adaptarse a un tiempo de reacción lento, pérdida de atención, somnolencia, intoxicación, etc. Cuando el sistema de conducción automática determina que un conductor está mostrando una reacción lenta tiempos, lapsos de atención, somnolencia, intoxicación, etc., el sistema de conducción automática puede modificar el funcionamiento de uno o más de los sistemas del vehículo. Sin embargo, es posible que el sistema de conducción no tenga en cuenta los riesgos que un conductor puede estar dispuesto a tomar en función de su estado mental actual, como se observa a través de la actividad de las ondas cerebrales.	Se procede a la creación de un procesador que ejecute las instrucciones dadas mediante: a sensor comprising an electroencephalograph (EEG) sensor configured to measure brainwave activity of a driver of the autonomous vehicle, filter the physiological data to remove data affected by one or more physical movements that influence the brainwave activity of the driver, generate a risk assessment profile based on the filtered physiological data by comparing current brainwave activity of the driver with a baseline brainwave activity of the driver to determine a current emotional state of the driver, the baseline brainwave activity being measured when the driver is in a normal emotional state, the risk assessment profile indicating one or more potential driving risks corresponding to the current emotional state of the driver, and control an operating mode of the autonomous vehicle based on the risk assessment profile.
US9483927B2	Ford Global Technologies LLC	Wolter	2014	2016	Es complicado que un vehículo tome las capacidades de un vehículo autónomo al completo. A día de hoy solo es capaz de tomar ciertas capacidades pero no al completo. Cuando un vehículo está en modo de conducción autónoma es importante que sea accesible para el conductor tomar el control fácilmente pues siempre puede darse un caso inesperado como que se cruce un coche inesperadamente.	Un método que comprende: durante un modo de conducción autónoma, presentar una tarea cognitivamente exigente al conductor de un vehículo a través de una unidad de visualización operativa adicional para mostrar un mensaje sobre la responsabilidad del control del vehículo; evaluar la atención del conductor en función de la respuesta del conductor a la tarea; y proporcionar una alerta al conductor si la atención del conductor es insuficiente para que el conductor tome el control del vehículo de manera segura.
US8823530B2	GM Global Technology Operations LLC	Green	2013	2014	Los sistemas LAAD pueden reducir la fatiga del conductor y aumentar la seguridad al mantener la posición del vehículo con respecto a la carretera y otras condiciones relevantes para la conducción, con menor participación del conductor, en comparación con la conducción manual. Se pueden tener en cuenta consideraciones de seguridad al diseñar sistemas LAAD. Para cumplir con los requisitos de seguridad, el conductor puede anular los sistemas LAAD en cualquier momento.	Un método y sistema para el sistema de gestión de la atención del conductor puede incluir medios para diagnósticos de circuito cerrado. Un mensaje de conveniencia puede alertar al conductor de un elemento de interés para el conductor. Un sensor puede detectar la respuesta del conductor al mensaje de conveniencia. Con base en la respuesta al mensaje de conveniencia, se pueden determinar las características de una respuesta atenta del conductor. Un método de diagnóstico de circuito cerrado, que comprende: proporcionar, mediante un procesador en un vehículo, un mensaje de conveniencia para alertar al conductor de un artículo de interés para el conductor; detectar, mediante un sensor, la respuesta del conductor al mensaje de conveniencia; determinar, en función de la respuesta del conductor, las características de una respuesta atenta del conductor; y utilizando las características determinadas de la respuesta atenta en un sistema de gestión de la atención al conductor.
ES2742214T3	Vlyte Ltd Vlyte Innovations Ltd	O'keeffe	2016	2020	Existen numerosos tipos de reacciones humanas negativas y peligrosas en cuanto a la conducción autónoma. Algunas pueden ser de conductores externos que reaccionan negativamente ante la presencia de un automóvil sin conductor. Otras reacciones destacables son las propias de los coches autónomos que pueden hacer cálculos inapropiados y ser perjudiciales para el tráfico.	La investigación se centra en incorporar un parabrisas que incorpora uno o más moduladores de luz conmutables y una o más capas que aumentan la reflexión de luz visible para un espectador externo.

US9802532B2	Pioneer Corp	Kato	2017	2017	Para comprobar el contenido que se muestra en la unidad de visualización del vehículo, el conductor debe mover su línea visual desde una dirección de desplazamiento del cuerpo en movimiento hasta la unidad de visualización. La presente invención ha sido desarrollada para resolver el problema descrito anteriormente, y su objeto es proporcionar un sistema para detectar las condiciones circundantes de un cuerpo en movimiento (por ejemplo, un vehículo, un barco y una aeronave) que puede notificar a un conductor. de las condiciones circundantes del cuerpo en movimiento sin que el conductor mueva su línea visual.	Un sistema de detección de las condiciones circundantes de un cuerpo en movimiento según la reivindicación 1 es un sistema para detectar las condiciones circundantes de un cuerpo en movimiento que incluye una pluralidad de dispositivos de iluminación (dispositivos de iluminación), un detector y un controlador. Los dispositivos de iluminación están dispuestos en una habitación (cabin) del cuerpo móvil. Cada uno de los dispositivos de iluminación tiene un interruptor para cambiar entre un estado de iluminación (o un estado de encendido) y un estado apagado (o un estado de apagado). El detector está configurado para detectar un objeto al que se debe prestar atención alrededor del cuerpo en movimiento. El controlador está configurado para cambiar un estado de al menos uno de los dispositivos de iluminación al detectar el objeto que requiere atención.
US9718405B1	Rosco Inc	Englander	2017	2017	El problema en el que nos centramos es la detección de objetos, personas en la carretera. El problema surge ya que se utiliza un sistema de espejos que segun la hora del dia puede provocar problema de visión para el conductor del vehículo. Nos centramos específicamente en evitar colisiones.	Un sistema para evitar colisiones y / o detección de peatones para un vehículo de pasajeros grande, que comprende: un primer sensor que comprende al menos uno de un sensor de velocidad, un sensor del sistema de posicionamiento global (GPS), un acelerómetro y un sensor giroscópico y detecta los primeros datos con respecto a al menos una ubicación y una característica de conducción del vehículo; y un primer sistema de detección que comprende: una primera carcasa configurada para montarse en la superficie exterior del vehículo; un primer dispositivo de detección exterior que comprende un primer sensor de imagen y está encerrado en el primer alojamiento y configurado para detectar un primer peligro en un primer campo de visión en respuesta a los primeros criterios predeterminados; y un primer sistema interior de advertencia al conductor conectado al primer dispositivo de detección exterior e que incluye una primera pantalla de advertencia al conductor montada dentro del vehículo que genera al menos una advertencia visual del conductor y una alarma audible del conductor configurada para alertar al conductor cuando el primer peligro es detectado por el primer sistema de detección, en el que el primer dispositivo de detección exterior es uno de: sensibilidad ajustada, activada o desactivada en respuesta al primer sensor que determina que el vehículo está viajando en una de: en la dirección de avance oa, por encima o por debajo de una velocidad predeterminada.
US20180088572A1	Hitachi Automotive Systems Ltd	UCHIDA	2016	2018	Existen veces en las que no esta claro si el connductor quiere retomar la capacidad de conduccion o si quiere seguir conn la conduccion autonoma. Estos casos de incertidumbre pueden resultar peligrosos pues hay unos segundos en los que el vehiculo puede perder el control. Es un objeto de la presente invención dar avisos al pasajero con el fin de hacerle comprender un modo de conducción actual, operaciones de conducción a controlar o operaciones de conducción necesarias.	Un aparato de control de conducción autónoma capaz de cambiar entre un modo de conducción manual que requiere la operación de conducción por parte de un pasajero de un vehículo, y un modo de control autónomo que no requiere la operación de conducción por parte del pasajero del vehículo, en el que el aparato de control de conducción autónoma incluye : una unidad de control de conducción autónoma que controla el vehículo en el modo de control autónomo; y una unidad de notificación de información que avisa al pasajero del vehículo, en la que cuando se requiere la operación de conducción por parte del pasajero después de cambiar del modo de control autónomo al modo de conducción manual, la unidad de control de conducción autónoma realiza el primer control de aviso para hacer que el Unidad de notificación de información para dar aviso de que se requiere la operación de conducción por parte del pasajero.

DE102016119265A1	GM Global Technology Operations LLC	Mudalige	2016	2017	Esta invención se refiere en general a un sistema y método para alertar al conductor de un vehículo anfitrión cuando gira a la izquierda o a la derecha en una intersección antes de una posible colisión con otro vehículo; Más específicamente, es un sistema y método para advertir al conductor de un vehículo anfitrión de una posible colisión con otro vehículo si quiere girar a la derecha o a la izquierda en un cruce que está dividido en diferentes zonas, por ejemplo, una zona de aproximación, una zona de espera y una zona de no espera, además de proporcionar un control de frenado automático para evitar una colisión, si es necesario.	El estudio se centra en: Un método para evaluar los peligros de colisión cuando un vehículo anfitrión gira a la izquierda o derecha en una intersección, que pertenece al método: determinar, basándose en un nivel de confianza predeterminado, si es probable que el vehículo anfitrión gire a la izquierda o derecha en una intersección; Segmentar la intersección y el entorno en muchas áreas diferentes, cada una con un grado diferente de riesgo de colisión.
EP2950294B1	Honda Research Institute Europe GmbH	Damerow	2014	2019	El problema planteado es el estudio del comportamiento del tráfico. El objetivo es poder calcular rutas alternativas y seguras para el conductor.	La investigación se centra en calcular una trayectoria hipotética y variar esa trayectoria con distintos caminos para tener alternativas. Además, se calcula un 'risk map' basado en las rutas calculadas anteriormente.
EP2759996A1	Toyota Motor Corp	Yoshizawa	2011	2014	el problema que se trata de resolver son las anomalías que surgen al determinar el movimiento de un obstáculo en la calzada que de forma imprevista cambia su trayectoria. Se trata de evitar que la reacción del sistema de evasión en esta situación sea demasiado lento.	Un aparato de asistencia a la conducción, que comprende una pluralidad de candidatos a modelo que definen una relación de correspondencia entre una operación de conducción realizada por un conductor e información que indica las posiciones relativas de un cuerpo en movimiento detectado en la periferia de un vehículo anfitrión y el vehículo anfitrión, en el que un modelo que se va a utilizar se determina entre la pluralidad de modelos candidatos sobre la base de la información relativa al cuerpo móvil detectado, y la asistencia a la conducción se ejecuta sobre la base del modelo determinado y una operación de conducción realizada por el conductor tras la detección del cuerpo en movimiento.
US10037036B2	Volvo Car Corp	Nilsson	2016	2018	El problema en el que se centra es la búsqueda de una trayectoria segura para el vehículo teniendo en cuenta los alrededores. Este cálculo y análisis se hace con un conjunto de sensores, sin embargo, estos sensores no son de fiar en cualquier caso. Por todo lo anterior, es importante que el conductor este siempre atento pues puede haber un fallo en cualquier momento y tiene que ser capaz de retomar el control.	El centro del estudio es el sistema formado por sensores capaces de calcular una trayectoria correcta y segura para el vehículo. (detecting observable obstacles using one or more of the sensors; determining, using a processor, unobservable areas; adding, using the processor, virtual obstacles in unobservable areas)
US9573592B2	Toyota Motor Corp	Prokhorov	2014	2017	Muchos vehículos tienen un conjunto de sensores para detectar información de los alrededores. Estos vehículos a su vez disponen de sistemas capaces de detectar trayectorias para evitar colisiones. Además, este sistema actuará bien activando los frenos bien esquivando el obstáculo. El problema surge al detectar si el obstáculo encontrado está quieto o sigue una trayectoria. En muchos casos, la trayectoria calculada también puede resultar romper reglas de tráfico.	El estudio se centra en el sistema de conducción autónoma para detectar objetos que pueden estar parados o presentar comportamientos inusuales. Además trata de calcular las rutas alternativas para que el vehículo pueda evitar cualquier tipo de colisión.
US20120203418A1	Volvo Car Corp	Braennstroem	2012	2012	La presente invención se refiere a un método para reducir el riesgo de colisión entre un vehículo y un primer objeto externo. La invención se refiere además a un sistema de prevención de colisiones para un vehículo. Hoy contamos con sistemas de seguridad preventiva. Los sistemas avanzados de seguridad preventiva funcionan no solo detectando el movimiento del vehículo que aloja el sistema, sino también perdiendo la situación del tráfico alrededor del vehículo. Pueden informar al conductor de un posible peligro, advertir al conductor de un accidente inminente y detectar y clasificar situaciones peligrosas. Además, el sistema puede ayudar o intervenir activamente en el funcionamiento del vehículo para evitar el accidente o mitigar sus consecuencias.	Un método para reducir el riesgo de colisión entre un vehículo que aloja un sistema para evitar colisiones y un primer objeto externo, comprendiendo dicho método: detectar si se ha producido una colisión que involucre a dicho primer objeto externo en las proximidades de dicho vehículo anfitrión, y operar dicho sistema de prevención de colisiones de dicho vehículo anfitrión, de modo que dicho sistema de prevención de colisiones pueda iniciar autónomamente una maniobra de emergencia en una etapa anterior si se detecta una colisión, en comparación con si no se detecta ninguna colisión.

US7893819B2	Continental Teves AG and Co oHG	Pfeiffer	2006	2011	El problema en el que se centra es la posibilidad de haber un accidente al cambiar de un carril a otro. El conductor puede no calcular bien la maniobra y se puede producir un choque en cualquier momento inesperado.	El estudio se centra en el sistema de detección de accidentes en la situación de cambiar de un carril a otro. Además, se destaca el estudio de la creación de un sistema de alarma para avisar en caso de peligro.
US20180325442A1	Samsung Electronics Co Ltd	Lee	2018	2018	La siguiente descripción se refiere a un aparato y un método para entrenar un modelo de conducción autónoma en un entorno con datos del entorno de conducción real y un aparato y método de conducción autónoma que utiliza el modelo de conducción autónoma.	Aparato para entrenar un modelo de conducción autónoma, comprendiendo el aparato: un procesador de recopilación de información del conductor configurado para recopilar información del conductor mientras un conductor conduce un vehículo; un procesador de recopilación de información de sensor configurado para recopilar información de sensor de un sensor instalado en el vehículo mientras se conduce el vehículo; un procesador de entrenamiento de modelos configurado para entrenar el modelo de conducción autónoma en base a la información del conductor y la información del sensor; y un procesador de determinación de modelo configurado para determinar si el modelo de conducción autónoma es apropiado para el conductor o una situación de conducción actual basándose en una o ambas de la información del conductor o información de configuración de navegación que comprende información sobre una ubicación inicial y una ubicación final.
US10007269B1	Uatc LLC	Gray	2018	2018	Los vehículos autónomos pueden manejar fácilmente la conducción con otros vehículos en carreteras como carreteras. Sin embargo, ciertos entornos y condiciones climáticas pueden afectar negativamente el rendimiento de ciertos sensores y el sistema de conducción autónoma y pueden plantear desafíos para los vehículos autónomos.	Estudio del sistema compuesto por múltiples sensores con cámaras. Un sistema de control para evitar colisiones que opera independiente del sistema del vehículo. Este último recibe una imagen del sensor, realiza un análisis para analizar las posibilidades de impacto y en caso de peligro, emite una señal.
US10565880B2	Derq Inc	Aoude	2018	2020	El problema en el que centra es en el aviso de peligro y la evasión de colisión.	Se almacena un modelo de aprendizaje automático que puede predecir el comportamiento de las entidades de transporte terrestre en o cerca de la intersección en un momento actual. El modelo de aprendizaje automático se basa en datos de entrenamiento sobre el movimiento anterior y el comportamiento relacionado de las entidades de transporte terrestre en o cerca de la intersección.
EP2106989B1	Toyota Motor Corp	Kataoka	2006	2012	La presente invención se refiere a un aparato de prevención de desviación de vehículos dispuesto para detectar un carril de conducción en el que está conduciendo un vehículo anfitrión, para estimar una trayectoria del vehículo anfitrión, para determinar si el vehículo anfitrión se desviará del carril de conducción y, con un determinación de una desviación, para emitir una advertencia a un conductor para evitar rápidamente la desviación.	El centro del estudio es un aparato para determinar las líneas por las que el vehículo está circulando para analizar su posición. El sistema consiste en determinar la posición en que se encuentra el vehículo, relativa a las líneas y mediante esta posición relativa analizar la posibilidad de peligro. Además de esto, incorporar un sistema de aviso en caso de peligro.
KR101786352B1	Korean	Korean	2016	2017	Por lo general, los vehículos que circulan por la carretera pueden cambiar de carril con frecuencia y existe un riesgo de accidente si dos vehículos cambian de carril hacia el mismo carril. Por lo tanto, convencionalmente, el riesgo de colisión con el vehículo se determina cambiando el carril objetivo que se cambiará según en la distancia relativa entre la velocidad del automóvil y el automóvil por el sensor del vehículo.	El centro del estudio es el sistema de control y procesador por el cual se determina prioridad a la hora de realizar un cambio de línea.
US10065656B2	Toyota Motor Corp	otsuka	2016	2018	Se propone un dispositivo de conducción autónoma que puede cambiar el estado de conducción del vehículo anfitrión de conducción manual a conducción autónoma. En vista de lo anterior, la presente invención proporciona un dispositivo de conducción autónoma que puede evitar que el estado de conducción se cambie de conducción manual a conducción autónoma si existe la posibilidad de que no se realice la operación de conducción autónoma adecuada para el entorno real de viaje.	Un dispositivo de conducción autónoma configurado para cambiar el estado de conducción de un vehículo anfitrión de conducción manual a conducción autónoma.

US20100179715A1	BAE Systems PLC	Puddy	2007	2010	Con la existencia de vehículos que disponen de conducción autónoma es importante tener un sistema que sea capaz de controlar el otro. Se destaca la importancia de tener este sistema de seguridad para determinar con claridad cuando se usará conducción autónoma.	Un sistema adaptado para transferir el control del movimiento de un vehículo hacia y / o desde un sistema de vehículo autónomo que incluye: un subsistema de activación que incluye: -> un dispositivo de entrada configurado para recibir una señal de activación que indica que se va a activar un sistema de vehículo autónomo; -> un dispositivo de prueba configurado para verificar, al recibir la señal de activación por el dispositivo de entrada, si el sistema del vehículo autónomo está en un estado listo para ser activado, y -> un dispositivo de activación configurado para activar el sistema del vehículo autónomo solo si la verificación realizada por el dispositivo de prueba indica que el sistema del vehículo autónomo está en el estado listo, y / o (b) un subsistema de desactivación que incluya: al menos un interruptor de desactivación que se configura, al encenderse, para desactivar un sistema de vehículo autónomo para que no controle el movimiento del vehículo.
US9633565B2	GM Global Technology Operations LLC	Conrad	2012	2017	El problema en el que se centra es el sistema de aviso en el caso de que se detecte posibilidad de colisión.	El centro de estudio es el método para usarse en un sistema de seguridad activa compuesto por los siguientes pasos: 1) sistema capaz de calcular la distancia y por tanto el tiempo a los objetos con los cuales se podría producir choque, 2) determinar con cual de esos objetos la distancia es menos, 3) cuando se determina que el objeto con el cual es mas probable chocarse no es el mas cercano, saltan varios sistemas de aviso.
US20070265760A1	Daimler AG	Konhauser	2004	2007	Nos referimos a un sistema de conducción asistida. (CRUISE CONTROL) En este tipo de sistemas existe un peligro en situaciones como lluvia. En este tipo de temporal, el conductor reduce la velocidad del coche frenando o incluso desconecta al completo el sistema de conducción asistida. (In order to avoid critical driving situations, remote warning appliances are also known, which are radio-assisted and receive danger alarms without the use of wires.)	Un aparato de asistencia a la conducción para el control de cruce de un vehículo, que tiene medios de recepción para la recepción de una alarma de peligro, que se transmite sin el uso de cables al menos fuera del vehículo, y / o de un comando de apagado, que está formado por un dispositivo de transmisión / recepción en el vehículo de la alarma de peligro, en el que el aparato de asistencia a la conducción está diseñado para autodeshabilitarse en función de la alarma de peligro y / o no puede activarse en función de la alarma de peligro.
US6282484B1	Jidosha Denki Kogyo KK	Enomoto	2000	2001	El problema al que se refiere es a mantener la velocidad del vehículo de conducción autónoma a la asignada.	El centro del estudio es un sistema 'cruise control' compuesto por: un actuador para abrir y cerrar una válvula de mariposa; un controlador para impulsar y controlar el actuador; y un medio de estimación de temperatura del actuador para estimar una temperatura ambiente del actuador en base a una frecuencia de funcionamiento del actuador; en el que el controlador cancela un control de cruce cuando los datos de temperatura dados por los medios de estimación de temperatura del actuador exceden un valor predeterminado.
US10423847B2 *****	Ford Global Technologies LLC	Micks	2017	2019	La divulgación se refiere en general a métodos, sistemas y aparatos para la conducción automatizada o para ayudar al conductor de un vehículo y más particularmente se refiere a métodos, sistemas y aparatos para la percepción de la orientación de la cabeza del conductor y los gestos del conductor en otros vehículos para ayudar en la estimación o predicción de la intención del conductor.	Un método implementado por computadora que comprende: determinar una región de una imagen que contiene un conductor de un vehículo próximo en base a la ubicación de una o más ventanas del vehículo próximo; procesar datos de imagen solo en la región de la imagen que contiene al conductor del vehículo proximal para detectar el lenguaje corporal del conductor; y determinar una maniobra del vehículo para el vehículo en función del lenguaje corporal del conductor.

DE102017204983A1	Audi AG	Schlittenbauer	2017	2018	La invención se refiere a un método para especificar una ruta de conducción en un dispositivo de piloto automático basado en aprendizaje automático de un vehículo de motor. Un dispositivo de piloto automático de este tipo puede conducir automáticamente un vehículo de motor más allá de objetos de obstáculos sin colisión mediante guía longitudinal (aceleración y desaceleración) y / o guía transversal (dirección). La invención también incluye un dispositivo de control para un vehículo de motor y el vehículo de motor y un dispositivo de entrenamiento para un dispositivo de piloto automático para realizar el aprendizaje automático.	Método para especificar una ruta de conducción en un dispositivo de piloto automático basado en aprendizaje automático de un vehículo de motor, en el que el dispositivo de piloto automático basado en datos de sensor de un dispositivo de sensor del vehículo de motor externo Reconoce objetos de obstáculo en un entorno del vehículo de motor y el motor el vehículo pasa generando al menos una señal de control para el guiado longitudinal y / o el guiado transversal sin colisión con los objetos del obstáculo. Dispositivo de entrenamiento para un dispositivo de piloto automático, en el que el dispositivo de entrenamiento está adaptado para predeterminar por medio de un método de aprendizaje automático en una fase de entrenamiento del dispositivo de piloto automático, datos de entrenamiento que contienen datos de sensores prefabricados reales y / o simulados y datos de etiquetas para identificar objetos de obstáculos en la imagen en los datos del sensor prefabricados.
US20090088916A1	Honeywell International Inc	Elgersma	2008	2009	Un problema que se encuentra en los vehículos terrestres en entornos urbanos es que el vehículo cumpla con las regulaciones de tráfico locales, como detenerse en las señales de alto, adelantar a un vehículo lento, permitir que otros vehículos pasen y tener la capacidad de completar giros de 3 puntos de manera segura. Por las razones expuestas anteriormente, existe la necesidad en la técnica de un método eficaz y eficiente de controlar vehículos autónomos para evitar obstáculos y en cuanto a vehículos terrestres, obediendo las leyes de tráfico.	Un método para atravesar un dominio y un método para atravesar un dominio y un método para la planificación automática de rutas y evitar obstáculos / colisiones de vehículos autónomos a través de un dominio.
US9176500B1	Google LLC, Waymo LLC	Teller	2014	2015	El problema que trata es como el vehículo que se aproxima a un obstáculo lo esquivar.	El centro de estudio es el sistema tratado. Se trata de un sistema muy complejo que recibe información de uno o mas sensores y a partir de ahí realiza cálculos de riesgo. (muy relacionado con temas de precio)
US8825258B2	Waymo LLC	Cullinane et. al.	2013	2014	El problema que se trata es como pasar de conducción autónoma a física del conductor.	El centro de estudio es un método que reciba la señal de cambiar de manual a autónomo. El vehículo hace una serie de cálculos y estimaciones para ver si se puede llevar a cabo semejante actividad y enseguida procede al cambio. El método incluye recibir una solicitud para cambiar un vehículo de un modo de conducción manual a un modo de conducción autónoma. En respuesta, se accede a los datos del protocolo. Estos datos de protocolo son utilizados por un procesador para evaluar el estado del entorno del vehículo, el vehículo y los sistemas del vehículo, y un conductor e identificar una o más condiciones. El método también incluye acceder a datos de tareas que asocian condiciones con tareas que puede realizar un conductor para cambiar la condición. Los datos de la tarea se utilizan para generar un conjunto de tareas. Cada tarea del conjunto de tareas se muestra en una secuencia ordenada. Una vez que se completan las tareas, puede continuar el cambio del modo de conducción manual al modo de conducción autónoma.
US8380426B2	Volvo Car Corp	Konijnendijk	2010	2013	El problema al que se refiere es a las colisiones frontales. Son mas típicas de lo que parece, ya sea por distancia muy pequeña entre dos vehículos o incluso porque los vehículos llevann trayectorias en las que no respetan su propio carril. En caso de que exista peligro de colisión, se activa inmediatamente un sistema de evasión de colisión.	El centro de estudio es el sistema para evitar colisiones planteado. El estudio tiene como centro principal y esencial calcular la trayectoria estimada del vehículo y tambien del vehículo con el que se pueda dar posible colisión. Una vez esto se hace, se calcula la posibilidad de peligro y se calcula el posible camino arbitrario. Una vez se decide la que posibilidad de peligro existe, se manda una señal al sistema que ejecuta dicha actividad.
US8538674B2	Wabco GmbH	Breuer	2008	2013	El problema al que se refiere es que en la actualidad, los vehículos estan mas y mas equipados con sistemas de sensores que analizan el entorno. Estos sistemas se pueden usar para asistir el vehículo y para ayudar en la seguridad vial. Una variable que pueden analizar es por ejemplo el estado del vehículo como por ejemplo la velocidad.	El centro de estudio es un sistema de evasión de colisiones compuesto por varias variables. Primero trata de analizar el entorno que le rodea, analiza la necesidad de asistencia. Ademas se dispones de un sistema de asistencia de frenado que activa los frenos sin necesidad de la actuación del conductor.

JP2012021893A	Matsumura	Matsumura	2010	2012	El problema al que se refiere es un sistema de detección de objetos mediante 'millimeter-wave or quasi-millimeter-wave electromagnetic waves' donde se mide la distancia a distintos objetos viendo como varían las 'waves'. Esto se usa para ver como es el entorno del vehículo y así predecir si existe posibilidad de colisión.	El centro del estudio es: Una pluralidad de ondas milimétricas que pueden irradiar ondas electromagnéticas de ondas milimétricas o cuasi-milimétricas hacia una dirección específica y detectar la velocidad relativa del objeto midiendo la variación de frecuencia de la onda reflejada del objeto. Consta de sensores y una colisión trasera. Aparato de prevención que utiliza un sensor, en el que la posibilidad de colisión por alcance se determina a partir de la relación entre la velocidad medida y la distancia.
US10026317B2	Ford Global Technologies LLC	Perkins	2016	2018	En un vehículo autónomo, si un operador hace que se muevan los pedales de dirección, freno o acelerador, la computadora del vehículo puede carecer de información suficiente para decidir si es mejor devolver el control manual al conductor o continuar con el control autónomo. En este ejemplo, la computadora del vehículo puede carecer de información para determinar que un operador ha golpeado un pedal o volante mientras dormía o estaba ebrio, que un niño u otro pasajero golpeó un volante en medio de un giro, etc.	Un método, que comprende: determinar una pluralidad de matrices de probabilidad, prediciendo cada matriz de probabilidad una probabilidad de una desviación de al menos una de una dirección, posición, velocidad y aceleración planificadas del vehículo; desarrollar un factor de probabilidad de acción que indique una probabilidad de que una acción realizada por un usuario de vehículo se haya realizado con la intención de controlar un vehículo basándose, al menos en parte, en la pluralidad de matrices de probabilidad; y la transición entre niveles de control autónomo, incluyendo un nivel autónomo, semiautónomo y manual, basado al menos en parte en el factor de probabilidad de acción.
US8874300B2	Perkins and Co., iRobot Co.	Allard	2011	2014	Esta invención se refiere en general a sistemas y métodos para el control autónomo de vehículos y sensores, actuadores y / o comunicaciones de vehículos. Más particularmente, las realizaciones de esta invención se refieren a sistemas y métodos para evitar obstáculos utilizando información bidimensional y tridimensional.	Un método para controlar un vehículo robótico usando un mapa de obstáculos, comprendiendo el método: Movilizar, mediante un procesador, una primera pluralidad de puntos, donde cada punto representa al menos parte de un obstáculo y una posición del obstáculo en un momento particular; comparar, por parte del procesador, los datos de obstáculos tridimensionales con sello de tiempo con criterios preestablecidos para separar los datos de obstáculos tridimensionales con sello de tiempo en datos de obstáculos relevantes y datos de obstáculos irrelevantes, descartando los datos de obstáculos irrelevantes; correlacionar los datos de obstáculos relevantes con una nube de puntos bidimensional que representa un índice de una matriz de puntos, filtrar la nube de puntos bidimensionales al eliminar los datos de obstáculos relevantes que tienen una posición más allá de una longitud preestablecida del vehículo robótico; generar un mapa de obstáculos bidimensional basado al menos en parte en la matriz de puntos; y controlar el vehículo robótico basándose en el mapa de obstáculos bidimensional.
US10198619B1	Waymo LLC	Zhu	2018	2019	El problema que trata es la creación de un sistema para detectar objetos en los alrededores de un vehículo. Se quiere poder detectar esto mediante láser, sonar, radar... y así evitar colisiones inesperadas.	El centro de estudio es un sistema para detectar objetos mediante un vehículo de conducción autónoma.
US9656667B2	Continental Automotive Systems Inc	Agnew	2015	2017	Los avances en la tecnología de sensores han dado lugar a la capacidad de mejorar los sistemas de seguridad de los vehículos. Se están empezando a disponer de arreglos y métodos para detectar y evitar colisiones. Dichos sistemas de asistencia al conductor utilizan sensores ubicados en el vehículo para detectar una colisión que se aproxima. Los sistemas pueden advertir al conductor de diversas situaciones de conducción para prevenir o minimizar las colisiones. Dichos sistemas son especialmente útiles para aumentar la seguridad en vehículos que operan en condiciones autónomas o semiautónomas.	El centro de estudio es un método para controlar la deceleración de un vehículo, un método para evitar colisiones y un sistema automático de frenado.

KR20170026193A	Korean	Korean	2016	2017	La presente invención se refiere a un aparato de soporte para evitar colisiones que ayuda a un conductor a evitar la colisión de un vehículo con un obstáculo. Se conoce un vehículo que tiene un dispositivo de asistencia para evitar colisiones. El dispositivo de asistencia para evitar colisiones desacelera el vehículo mediante un freno automático cuando un sensor, como una cámara o un radar, detecta un obstáculo con una alta posibilidad de colisión del vehículo.	El centro de estudio es el sistema para evitar colisiones. Primero se trata de detectar obstáculos, después destacamos la unidad de freno y por último la unidad de control de dirección que controla el volante. También se destaca en el estudio el uso de sensores.
RU2694651C1	Russian	Russian	2018	2019	El problema en el que se centra es la técnica para controlar vehículos y así asegurar la seguridad vial. Los vehículos con conducción autónoma disponen de distintos sistemas de radares, sensores... que se activan tomando el control del vehículo. La desventaja de este tipo de sistemas es la inevitable disminución de la adherencia del interior con respecto al giro de la rueda con la calzada durante el giro. Resuelto por la tarea de la invención es aumentar la adherencia interna relativa a la rotación de la rueda con la calzada cuando se cambia la trayectoria del movimiento.	El centro de estudio es la manera de prevenir colisiones en vehículos con ruedas mediante una unidad de control que manda una señal al sistema de frenado y se reduce la velocidad de giro de las ruedas.
US9983591B2	Ford Global Technologies LLC	Micks	2018	2018	La divulgación se refiere generalmente a métodos, sistemas y aparatos para la conducción automatizada o para ayudar a un conductor, y más particularmente se refiere a métodos, sistemas y aparatos para la toma de decisiones autónoma en las intersecciones utilizando modelos predictivos del comportamiento de los vehículos circundantes habilitados por la percepción, de movimiento del vehículo, señales de giro, lenguaje corporal del conductor y / o información de vehículo a vehículo (V2V) o de vehículo a infraestructura (V2X) con respecto a estados pasados de los vehículos.	El centro de estudio consiste en el sistema de cámaras y sensores que analizar la intersección en la que se encuentra el vehículo. Además también se destaca el sistema operativo de ordenador que se encarga de recibir la imagen identificar y determinar los pasos a seguir.
US9511767B1	Toyota Motor Corp	Okumura	2015	2016	El problema que trata es como hacer que un vehículo de conducción autónoma vaya de una posición actual a una posición futura sin necesidad de actuación del conductor. Para ello se requiere información sobre el entorno y analizar esta información.	El centro de estudio es como realizar el sistema de conducción autónoma que se basa en un sistema de percibir y un sistema informático para llevar a cabo las actividades.
US9616925B2	Ford Global Technologies LLC	Spero	2015	2017	La presente solicitud se refiere a un sistema que ayuda al conductor de un vehículo a cambiar de carril mientras conduce o mantener el vehículo en el mismo carril.	Un sistema de operación de carril autónomo para un vehículo de motor que comprende: un sensor de ubicación; un sistema de determinación de carril; un controlador configurado para recibir los datos de ubicación del vehículo circundante; un sistema de dirección configurado para dirigir el vehículo de motor de acuerdo con los datos de trayectoria proporcionados por el controlador; y un interruptor de freno configurado para enviar una señal de anulación al controlador en respuesta a la aplicación de un pedal de freno.
CN104554272B	Chinese	Chinese	2014	2018	El problema en el que se centra es planear el paso de un vehículo con conducción autónoma para evitar colisiones y esquivar obstáculos.	El centro de estudio es un tipo de método para determinar una trayectoria virtual para así evitar el choque con obstáculos. Se hace uso de una gran cantidad de elementos de escaneo virtual. Se determina pues una trayectoria para evitar obstáculos detectados.
US10207705B2	Magna Electronics Inc	Wolf	2017	2019	El problema que se trata es la evasión de colisiones en un vehículo usando una o más cámaras.	El centro de estudio es el sistema comentado anteriormente de evasión de obstáculos que destaca por tener un gran número de cámaras dispuestas de forma que cada una tenga una visión distinta del exterior. También se destaca un conjunto de numerosos sensores. Con todo ello se trata de analizar la posibilidad de colisión y hacer los cálculos necesarios para evitar colisiones.

JP6364580B2	Japanese	Japanese	2015	2018	La presente divulgación se refiere a un sistema de control de vehículo que mejora el tiempo para evitar colisiones en un sistema de seguridad de dirección activa.	El centro de estudio es un sistema activo para controlar el vehículo que dispone de un sensor, un módulo de control que determina la distancia entre el vehículo y el obstáculo y la velocidad relativa entre ellos. En base a los datos anteriores se calcula la deceleración necesaria para evitar colisión. También con el sistema de control se estima el coeficiente de fricción.
US9764736B2	Toyota Motor Corp	Prokhorov	2015	2017	El problema al que se refiere es el que surge con vehículos con conducción autónoma a la hora de encontrarse obstáculos en la calzada. Estos vehículos disponen de una serie de sensores que analizan el alrededor y así detectan los posibles obstáculos que se pueden encontrar en la calzada. El sistema informático analiza si hay objetos que no deberían de estar ahí.	El centro de estudio es el sistema que lleva a cabo todo lo expuesto anteriormente. Se trata de un sistema que se encarga de leer y analizar el entorno, clasifica los movimientos de los objetos y clasifica sus tamaños. En base a esto determina si existe peligro de colisión y en caso de que sí, avisa al sistema de que active la conducción autónoma.
US10040450B1	Wipro Limited	Pal	2017	2018	El problema al que se refiere es a como funcionan vehículos que disponen de conducción autónoma para evitar colisiones. Los vehículos autónomos convencionales determinan la velocidad del vehículo de modo que se detiene a tiempo para evitar obstáculos en una ruta de navegación planificada actual, sin embargo, no proporciona un mecanismo para evitar un obstáculo alterando una ruta de navegación planificada actual. Además, los vehículos autónomos convencionales tampoco proporcionan un mecanismo para evitar o superar un obstáculo que tiene características dinámicas controlando la velocidad y modificando la ruta de navegación planificada actualmente.	El centro de estudio es el sistema para evitar colisiones. Primero el sistema analiza los posibles obstáculos. Se determina la velocidad relativa de colisión. Este sistema frena el vehículo en caso de detectar una distancia muy corta en la posibilidad de colisión. Finalmente calcula el posible camino alternativo.
CN103625470A	Chinese	Chinese	2013	2014	La tarea de la presente invención es, se describe un tipo de tecnología para vehículo guiado, que puede realizar la acción combinada de simplificación de diferentes sistemas de asistencia al conductor. La presente invención resuelve la tarea descrita por método y el sistema de asistencia al conductor con la característica de reivindicaciones independientes. Implementación preferida del reflejo de reclamaciones dependientes.	Para el método para vehículo guiado: Detectar al menos un parámetro del entorno circundante del vehículo descrito, solicitar paso de recorrido y descrito en el punto deseado de recorrido en tránsito, solicitando según al menos otro parámetro, comprender la pista del punto deseado descrito, En el que, de acuerdo con el guiado del vehículo descrito en solicitó coincidencia de ruta.
US10220845B2	HONDA Motor Co Ltd	AL-Stouhi	2017	2019	El problema que se trata de resolver es el que surge en intersecciones. Es un lugar propenso a que haya colisiones ya que muchas veces los conductores no perciben la posibilidad de que haya un vehículo que no han avistado. También en las intersecciones se dan muchos accidentes debido a los cruces.	El centro de estudio es un sistema informático que proporciona una evasión de colisiones en intersecciones. Se trata de estimar un camino apropiado para el vehículo. Se estima la probabilidad de colisión y con ello se lleva a cabo un sistema de respuesta para evitar la colisión.
DE102006038837A1	Robert Bosch GmbH	Kuttenberger	2006	2008	El problema al que se refiere es la necesidad de un utensilio para detectar colisiones.	Se centra en crear el sistema para evitar colisiones. Los métodos que usa son medidores de peso del vehículo en vertical, microcontroladores, microprocesadores... La idea en la que se centra es sobretodo evaluar el circuito para comprobar si se detecta diferencias temporales.
JP4206741B2	Japanese	japanese	2002	2009	La presente invención se refiere a un dispositivo de detección de colisiones para detectar una colisión de un vehículo, y un dispositivo de seguridad tal como un sistema de airbag y un sistema de cinturón de seguridad que utiliza el dispositivo de detección de colisiones.	El centro de estudio es como desarrollar la presente invención para detectar colisiones.
KR100930224B1	Korean	Korean	2006	2009	El problema al que se refiere es que muchas veces, los vehículos tienen sistemas de seguridad activa o pasiva como pueden ser cinturones o airbags. En ocasiones, estos sistemas pueden causar daños en caso de colisión no solo al conductor pero a un peatón si es el caso.	El centro de estudio es un sistema de colisión para distinguir colisiones entre un vehículo y un cuerpo rígido o con un peatón o animal. Todo esto se haría mediante un sensor de gran potencia.
CN102666240B	Chinese	Chinese	2009	2014	La presente invención se refiere al aparato antibloqueo de colisión de vehículo, o mejor dicho, se refiere al aparato antibloqueo de colisión de colisión lateral que evita el vehículo.	El centro de estudio es una unidad de determinación de colisiones. Se dispone de un sistema automático de retardo. Por otro lado, existe un sistema de aceleración y deceleración que cambia la velocidad del vehículo en casos de peligro.

EP2902291B1	Continental Automotive Systems Inc	Agnew	2015	2018	Hoy en día, la mayoría de vehículos disponen de un sistema que les permite evitar colisiones detectandolas antes de que ocurran y no solo eso, si no que tambien avisa de la existencia de obstáculos en la calzada. El problema en el que se centra este estudio es como el vehículo realiza los cálculos necesarios para evitar un obstáculo reduciendo la velocidad y activando los frenos.	El centro de estudio es un sistema activo para controlar el vehículo que dispone de un sensor, un módulo de control que determina la distancia entre el vehículo y el obstáculo y la velocidad relativa entre ellos. Se determina mediante la velocidad un intervalo de confianza de colisión que cuanto mas pequeño, mas posibilidades hay de que se produzca.
US10266175B2	Ford Global Technologies LLC	Miller	2016	2019	Las colisiones de vehículos a menudo ocurren en las intersecciones. Los sistemas de prevención de colisiones utilizan sensores para detectar un objetivo que puede colisionar con un vehículo anfitrión en la intersección. Los sistemas pueden detectar la posición y la velocidad de un objeto objetivo para determinar la probabilidad de una colisión con el vehículo anfitrión. Sin embargo, la intersección puede tener más de un objetivo para evitar. Faltan los sistemas actuales para evitar colisiones con respecto a las intersecciones que tienen más de un objetivo.	Un sistema, que comprende una computadora que incluye un procesador y una memoria, la memoria almacena instrucciones ejecutables por la computadora para: identificar una pluralidad de objetos objetivo; predecir trayectorias respectivas para cada objeto objetivo; determinar los números de amenaza respectivos para cada objetivo basándose, al menos en parte, en las rutas predichas, indicando cada número de amenaza una probabilidad de colisión entre el objetivo respectivo y un vehículo anfitrión; identificar un punto de cruce respectivo; identificar un punto de parada.
US10011277B2	Ford Global Technologies LLC	Meinhart	2016	2018	Las colisiones de vehículos a menudo ocurren en las intersecciones. Los sistemas de prevención de colisiones utilizan sensores para detectar un objetivo que puede colisionar con un vehículo anfitrión en la intersección. Los sistemas pueden detectar la posición y la velocidad de un objeto objetivo para determinar la probabilidad de una colisión con el vehículo anfitrión. Los sistemas para evitar colisiones utilizan la posición y la velocidad del vehículo anfitrión para determinar la probabilidad de la colisión. Sin embargo, los sistemas de prevención de colisiones actuales faltan de varias maneras, por ejemplo, con respecto a la determinación de la probabilidad de una colisión en las intersecciones donde un vehículo anfitrión está parado.	Una computadora que incluye un procesador y una memoria, la memoria almacena instrucciones ejecutables por la computadora para: predecir una ruta de un objeto objetivo; predecir una trayectoria de un vehículo anfitrión que no se mueve desde un punto muerto basado en al menos una de una aceleración predeterminada del vehículo anfitrión y una velocidad predeterminada del vehículo anfitrión; determinar un número de amenaza para el objetivo basándose, al menos en parte, en la trayectoria prevista del vehículo anfitrión, indicando el número de amenaza una probabilidad de colisión entre el objetivo y el vehículo anfitrión; y accionar un freno del vehículo anfitrión cuando el número de amenaza esté por encima de un umbral de número de amenaza para aplicar un freno para evitar que el vehículo anfitrión se mueva.
CN105741496A	Chinese	Chinese	2016	2016	La presente invención se refiere al campo de la alerta temprana, por estar específicamente relacionada con la prevención de colisiones de terminales de vehículos basados en visión artificial.	Basado en la prevención de colisiones de la terminal de visión artificial del vehículo, se caracteriza porque: incluye un cabezal fotográfico múltiple de la imagen de la cara para recopilar la situación del conductor y la periferia del vehículo, conecte la tarjeta de recolección de frecuencia de video del cabezal fotográfico múltiple, el taquímetro GPS del vehículo, El desacelerador, el procesador de información de rango de visión artificial y el módulo de control y procesamiento de datos de fatiga, el procesador de información de rango de visión artificial y el módulo de control y procesamiento de datos de fatiga están todos conectados simultáneamente con la unidad de alarma y la unidad de monitoreo remoto.
JP6547735B2	Japanese	Japanese	2016	2019	El problema que trata de resolver es evitar que los vehículos choquen con obstáculos.	El centro de estudio es desarrollar un sistema para evitar colisiones. Se trata de calcular un camino alternativo midiendo las distancias a objetos que rodea el cuerpo. Una unidad de control automático de la dirección de desplazamiento que especifica el control automático de la ruta de desplazamiento que especifica la ruta de desvío como una ruta de desvío de selección cuando es más grande y cambia la dirección de desplazamiento del vehículo para viajar a lo largo de la ruta de desvío de selección.
US10124777B2	Gomes	Gomes	2017	2018	El problema que se trata resolver es evitar colisiones. Estas colisiones se quieren evitar mediante sistemas que controlen el frenado. También se hace uso de radares, laser, cámaras ópticas...	El problema que trata de resolver es crear el sistema que haga la actividad descrita anteriormente. Los pasos a seguir son de: detectar una condición de colisión inminente con un dispositivo de advertencia de colisión; presurizar una válvula relé trasera presurizar una compuerta de conector frontal y manteniendo una presión de aire. Todo esto activa el sistema de control de frenado automático.

US10576946B2	Gomes	Gomes	2019	2020	Esta tecnología se refiere a un sistema de frenado automático para vehículos equipados con sistemas de frenos neumáticos, en particular vehículos pesados, para ayudar a evitar colisiones con objetos y otros vehículos.	Un sistema de frenado automático para un vehículo que tiene frenos neumáticos y un pedal de freno del vehículo, el sistema comprende: a) un aparato de actuación b) un dispositivo de advertencia de colisión c) un primer depósito de presión de aire conectado neumáticamente a dicha al menos una válvula neumática accionada por solenoide; d) frenos neumáticos delanteros conectados neumáticamente a dicha al menos una válvula neumática accionada por solenoide, comprendiendo dichos frenos neumáticos delanteros un conjunto de freno delantero izquierdo y un conjunto de freno delantero derecho; y e) frenos neumáticos traseros conectados neumáticamente a dicha al menos una válvula neumática accionada por solenoide.
US10654453B2	Uatc LLC	Melik-Barkhudarov	2017	2020	La presente divulgación se refiere en general a vehículos autónomos. Más particularmente, la presente divulgación se refiere a sistemas y métodos para implementar una acción de frenado de baja latencia para un vehículo autónomo en respuesta a la determinación de que un objeto tiene probabilidad de colisionar con el vehículo autónomo.	El centro de estudio es el sistema para un vehículo de conducción autónoma compuesto por numerosos procesadores. También, un sistema de frenado de baja latencia compuesto por uno o más procesadores.
US20040193374A1	BWI Co Ltd SA	Hac	2003	2004	El análisis de las estadísticas de accidentes indica que, en situaciones de emergencia, los conductores generalmente dirigen o frenan, pero rara vez frenan y dirigen simultáneamente. Esto probablemente se deba al hecho de que, especialmente en situaciones de pánico, es más fácil para la mayoría de los conductores controlar una entrada a la vez que dos entradas simultáneamente. Además, las maniobras del conductor en situaciones de pánico suelen ser demasiado bruscas, lo que provoca la pérdida del control del vehículo. Esto es particularmente cierto cuando las indelencias del tiempo han introducido carreteras resbaladizas que reducen la tracción de los neumáticos. Por lo tanto, sería deseable tener un sistema que no solo frenara automáticamente, sino que también cambiara de carril suavemente en una maniobra para evitar obstáculos.	Un método para evitar colisiones utilizando frenado y dirección automatizados que comprende: determinar una distancia real a un obstáculo en la trayectoria de un vehículo; determinar una velocidad relativa entre dicho obstáculo y dicho vehículo; determinar una primera distancia suficiente para evitar una colisión sólo frenando; determinar una segunda distancia suficiente para evitar la colisión mediante el frenado y la dirección combinados alrededor de dicho obstáculo; aplicar el frenado si al menos una de, dicha primera distancia excede dicha distancia real y dicha primera distancia está dentro de un umbral seleccionado de dicha distancia real; y si dicha distancia real excede dicha segunda distancia y se permite un cambio de carril, aplicar el control de dirección para afectar un cambio de carril.
US20090299573A1	Leland Stanford Junior University	Thrun	2008	2009	El problema al que se refiere: Los sistemas activos de asistencia a la dirección que ajustan automáticamente el ángulo de dirección para seguir la carretera pueden dificultar que el conductor corrija la posición del vehículo. Por ejemplo, el volante puede girar independientemente del conductor. Además, la detección de marcas de carril, ópticamente o de otro modo, a veces no es factible. Los sistemas de salida de carril que simplemente proporcionan señales de advertencia permiten al conductor mantener el control; sin embargo, tales sistemas requieren un alto nivel de responsabilidad del conductor para dirigir el vehículo. Es decir, simplemente alertar al conductor sobre la posibilidad de un cambio de carril no ayuda a la dirección física.	Un método para proporcionar dirección asistida automatizada de un vehículo automotor para mantener el vehículo dentro de un carril del vehículo proporcionando dirección asistida automatizada con respecto a un desplazamiento del vehículo objetivo, el método comprende: modificar, en respuesta a la entrada de dirección de un conductor, el desplazamiento del vehículo objetivo y, por lo tanto, mantener el vehículo a lo largo de una nueva trayectoria en el carril del vehículo.
US20090299593A1	Robert Bosch GmbH	Borchers	2007	2009	El problema al que se refiere es la necesidad de evitar colisiones. Gracias a la invención de sensores para detectar posibles obstáculos en los alrededores del vehículo. La colisiones se podran evitar influenciando la trayectoria del vehículo y tambien los frenos.	Un método para evitar y / o reducir las consecuencias de una colisión de un vehículo, que comprende: reconocer al menos un obstáculo mediante al menos un sensor de entorno; averiguar datos del obstáculo; y realizar una intervención en un sistema de guiado lateral del vehículo para evadir el obstáculo si el potencial de riesgo para el vehículo y para otros participantes del tráfico es menor que sin una maniobra de evasión.

US20090319113A1	GM Global Technology Operations LLC	Lee	2008	2009	Esta invención se refiere en general a un sistema y método para proporcionar generación de ruta para centrado y cambio de carril en un vehículo de conducción autónoma y, más particularmente, a un sistema y método para proporcionar generación de ruta para centrado y cambio de carril en un vehículo de conducción autónoma que considera el control de movimiento del vehículo.	El centro de estudio es desarrollar el sistema para determinar un camino concreto para el vehículo que consta de: una pluralidad de sensores y detectores de vehículos para detectar un carril de circulación de una calzada; un procesador de generación de ruta deseada que responde a las señales de carril, una solicitud de cambio de carril y una señal del ángulo de dirección del vehículo, un procesador de predicción de ruta ...
US20110172882A1	Honda Motor Co Ltd	Schrader	2010	2011	Un objetivo principal del diseño de jaulas de seguridad para vehículos es actualmente maximizar el tiempo durante el cual se absorbe dicho impulso, minimizando así el impacto inicial sobre el ocupante del vehículo. Sin embargo, dado que la tendencia actual es hacia vehículos cada vez más pequeños, se necesitan nuevas metodologías de diseño para mejorar la protección de choque frontal compensado en automóviles pequeños.	Un sistema de mitigación de colisiones para un vehículo que tiene un conjunto de bastidor que comprende: un par de miembros de bastidor que se extienden longitudinalmente a lo largo de lados laterales opuestos del vehículo; una viga de parachoques que se extiende entre las porciones de los extremos delanteros de dicho par de miembros del bastidor, teniendo dicha viga de parachoques un perfil asimétrico curvo para guiar el movimiento del vehículo durante un evento de choque con desplazamiento de la parte delantera.
US20110178710A1	Volvo Car Corp	Pilutti	2010	2011	Un objetivo de la mitigación de colisiones por frenado (CMBB) es reducir el número y la gravedad de los accidentes de vehículos traseros aplicando los frenos del vehículo anfitrión de manera autónoma de manera robusta y confiable. Dependiendo del momento y la magnitud de la aplicación del freno, los resultados del frenado autónomo pueden variar desde la mitigación de accidentes (al reducir la velocidad del impacto y, por lo tanto, la energía del impacto) hasta la prevención de accidentes.	Un sistema de mitigación de colisiones para un vehículo que comprende: un sistema de detección de avance configurado para detectar objetos frente al vehículo; y al menos un controlador en comunicación con el sistema de detección de avance y configurado (i) para determinar si el vehículo se puede dirigir en un camino a lo largo del costado del vehículo para evitar una colisión con objetos detectados frente al vehículo y (ii) emitir un comando para frenar el vehículo si el vehículo no se puede dirigir hacia el camino a lo largo del costado del vehículo.
US20110288714A1	Elbit Systems Ltd	Flohr	2009	2011	El uso de plataformas no tripuladas es ventajoso en muchas situaciones, tanto militares como civiles. Para que una plataforma de este tipo sea realmente útil, es deseable ofrecer la capacidad de navegación autónoma de la plataforma, ya que, de lo contrario, se requeriría una comunicación continua entre un operador remoto y la plataforma. Sin control continuo o capacidad de navegación autónoma, la plataforma puede chocar con obstáculos que antes no se conocían, poniendo en peligro tanto a la plataforma como a otras personas cercanas. A una plataforma maniobrable se le puede asignar una misión que incluya una o más tareas que debe cumplir.	El centro de estudio es un sistema de conducción autónoma para la navegación del vehículo. Se trata de realizar un estudio del entorno, recibiendo información de sensores y en base a esta información determinar el camino mas adecuado modificando la velocidad según los obstáculos que puedan encontrarse.
US9272710B2	Hyundai Motor Comp	Dae Seok Jeon	2014	2016	El problema que se trata de evitar son colisiones laterales muy comunes durante cambios de carril.	Se propone un método y un aparato de evasión de colisiones laterales compuesto por un almacenador de información y un controlador que calcula las diferentes alternativas para llevar a cabo la evasión.
US20130030651A1	GM Global Technology Operations LLC	Moshchuk	2011	2013	Esta invención se refiere en general a un sistema y método que proporciona una prevención de colisiones mejorada para un vehículo y, más particularmente, a un sistema y un método que proporciona una prevención de colisiones mejorada para un vehículo que emplea frenado diferencial para dirigir el vehículo en caso de una colisión potencial. si se detecta una falla normal en la dirección.	Un método para evitar colisiones en un vehículo anfitrión, comprendiendo dicho método: determinar que una colisión entre un objeto y el vehículo anfitrión es inminente; determinar una ruta óptima por la que viajará el vehículo anfitrión para evitar el objeto si la colisión es inminente; proporcionar dirección automática del vehículo para hacer que el vehículo anfitrión siga la ruta óptima; determinar que la dirección del vehículo ha fallado durante la dirección automática del vehículo; y haciendo que el vehículo anfitrión se dirija por la ruta óptima utilizando el frenado diferencial si la dirección del vehículo ha fallado.

CN103204163A	Chinese	Chinese	2013	2013	El problema al que se refiere es a la necesidad de mantener el vehículo encaminado manteniendo su trayectoria por las líneas correspondientes.	El centro de estudio es el sistema usado para que el vehículo pueda seguir su camino determinado. Consta de: determinar la posición de una pluralidad de vehículos circundantes en el área presunta alrededor del vehículo accionado por energía, y se proporcionan los datos de posición de los vehículos circundantes; El sistema se determina en la pista, se proporcionan la pista actual residente del vehículo de maniobra de identificación y los datos de identificación del carril actual que representan la pista actual residente del vehículo accionado por energía; El controlador recibe los datos de posición de los vehículos circundantes y los datos de identificación del carril actual, y los datos del paso de generación El sistema de giro de la dirección se convierte en un vehículo accionado por energía de acuerdo con los datos de ruta proporcionados por el controlador.
CN102897169B	Chinese	Chinese	2012	2016	El problema al que se refiere es a la necesidad de tener un sistema que evite colisiones con otro vehículo u otro objeto. Además, de mantener un control sobre el sistema de frenado.	El centro de estudio es el desarrollo del sistema de anti-colisiones. Si la colisión está próxima a ocurrir, se especifica al vehículo un camino alternativo. Por otro lado, se desarrolla un sistema de frenado en caso de que sea necesario.

ANEXO I. MODELO DE UTILIDAD

Las siguientes 35 páginas componen el Anexo I.



U202100187

Nº SOLICITUD:

FECHA Y HORA DE ENTRADA EN OEPM:

FECHA Y HORA DE ENTRADA EN LUGAR DISTINTO A LA OEPM:

LUGAR DE PRESENTACIÓN

España

CÓDIGO

ES

INSTANCIA DE SOLICITUD

Grc. Cdo.
27-04-21
MADRID

1. IDENTIFICACIÓN DE LA SOLICITUD

(1) MODALIDAD:

☐ PATENTE DE INVENCION ☒ MODELO DE UTILIDAD

(2) TIPO DE SOLICITUD:

☐ SOLICITUD DIVISIONAL
☐ CAMBIO DE MODALIDAD
☐ TRANSFORMACIÓN SOLICITUD PATENTE EUROPEA
☐ ENTRADA EN FASE NACIONAL DE SOLICITUD INTERNACIONAL PCT

(3) EXPEDIENTE PRINCIPAL O DE ORIGEN:

MODALIDAD:

Nº SOLICITUD:

FECHA PRESENTACIÓN:

El solicitante declara, por medio de esta instancia, tener derecho a presentar la solicitud arriba indicada



2. TÍTULO DE LA INVENCION (4)

Sistema de Conducción Autónoma de vehículos

3. IDENTIFICACIÓN DEL SOLICITANTE

(5) APELLIDOS Y NOMBRE / DENOMINACIÓN SOCIAL

Teresa Gella Zubizarreta

NIF/PASAPORTE

53994894W

DIRECCIÓN POSTAL

JAZMÍN 11, POZUELO DE ALARCÓN

CÓDIGO POSTAL Y
LOCALIDAD

28223

PROVINCIA

MADRID

PAÍS DE RESIDENCIA

ESPAÑA

CÓDIGO PAÍS
RESIDENCIA

ES

PAÍS DE NACIONALIDAD

ESPAÑA

CÓDIGO PAÍS
NACIONALIDAD

ES

(6) CNAE

(7) PYME

DIRECCIÓN CORREO ELECTRÓNICO

teresagella@hotmail.es

Nº TELÉFONO FIJO

Nº TELÉFONO MÓVIL

608570914

(8) INDICACIÓN DEL MEDIO DE NOTIFICACIÓN PREFERENTE

☐ CORREO POSTAL

☒ CORREO ELECTRÓNICO

PORCENTAJE DE TITULARIDAD (9):

100 %

NOTA: DE NO ESPECIFICARSE DICHO PORCENTAJE, LA OEPM PRESUMIRÁ IGUALES LAS CUOTAS DE LOS SOLICITANTES.

EL SOLICITANTE TAMBIÉN
ES INVENTOR (10):

☒ SÍ

☐ ESTE INVENTOR RENUNCIA A SER MENCIONADO

☐ NO

MODO DE OBTENCIÓN DEL DERECHO: (11)

☐ INVENCION LABORAL ☐ CONTRATO ☐ SUCESIÓN
☐ OTROS

(Especificar):

(12) EL SOLICITANTE ES UNA UNIVERSIDAD PÚBLICA ESPAÑOLA

☐ SÍ

4. (13) OTROS SOLICITANTES Y/O INVENTORES

☒ LOS DEMÁS SOLICITANTES Y/O INVENTORES SE INDICAN EN HOJA COMPLEMENTARIA

Ejemplar para el expediente



DESCRIPCIÓN

SISTEMA DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA DE VEHÍCULOS

- 5 Procedimiento para un sistema de control automático de giro de un vehículo.

SECTOR DE LA TÉCNICA

- 10 La presente invención concierne a un procedimiento para un sistema de control automático de giro de un vehículo que sigue una trayectoria, orientado a la evasión de un obstáculo en dicha trayectoria y método de control automático de giro del vehículo. La presente invención concierne especialmente a estimar la viabilidad de la evasión del obstáculo.

15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- Hoy en día, cada vez más, los vehículos disponibles en el mercado, como los turismos o los camiones, incorporan elementos de seguridad y asistencia a la conducción, con alguna capacidad de decisión autónoma, lo que les permite asumir algunas responsabilidades (p.e. la frenada de emergencia o el mantenimiento del vehículo en su carril). De esta forma, el conductor del vehículo no tiene que estar continuamente atento a la carretera y al manejo del vehículo.

- 25 Se destaca que, muchas veces, en situaciones de peligro en la carretera, el factor humano es el mayor causante de accidentes ya sea por una reacción inadecuada al volante o incluso por un tiempo de reacción demasiado largo. De este modo, el desarrollo de la conducción autónoma es una forma efectiva de mejorar la seguridad vial. La conducción autónoma proporciona una forma rápida y efectiva de actuar en situaciones de peligro caracterizadas por una mayor precisión y control del vehículo.

- 30 En este contexto, el documento americano US20040193374A1, concierne a un sistema que quiere evitar colisiones combinando frenado y cambios de dirección. Se calcula inicialmente la distancia a un obstáculo que se encuentre en la trayectoria del vehículo y por otro lado la velocidad relativa entre ambos. Se determina pues, una primera distancia para evitar la colisión solo mediante frenado y a continuación una
- 35

segunda distancia para evitar la colisión mediante la combinación de frenado y cambio de dirección. Solo se permiten cambios de carril si se determina que el carril adyacente está libre.

- 5 El documento japonés JP2020046926 divulga un aparato de control de vehículo configurado para realizar un control de dirección automático para evitar un obstáculo. Éste, está compuesto por un ejecutor configurado para realizar un control de dirección automático para evitar una colisión entre un vehículo y el objeto. Esto solo es posible cuando el objeto a evitar se encuentra a una distancia predeterminada del vehículo.
- 10 Se caracteriza por la posición lateral del vehículo respecto a un obstáculo. En otras palabras, se centra en la importancia de las distancias laterales a los objetos de evasión y en esquivarlos a medida que se reduce la velocidad del vehículo.

- El documento CN111348105 concierne un sistema compuesto por una unidad de control del par de dirección y el ángulo de giro del vehículo donde la unidad de control ejecuta el control del giro considerando que el ángulo de giro y el par de dirección pueden cambiar con perturbaciones. Cuando se da el caso, la unidad de control retoma los valores de ángulo y par de giro precedentes a la perturbación.
- 15

- 20 La patente americana US20130030651A1 concierne a un sistema de giro de un vehículo caracterizado por la existencia de un sistema de giro secundario en el caso de que haya algún fallo en el primario.

- La patente americana US8965633B2 describe un control autónomo de dirección de un vehículo en el que, si los cambios de dirección determinados superan unos umbrales predeterminados, se impide la ejecución y se devuelve el control del vehículo al conductor. Se hace hincapié en que, dependiendo de la velocidad del vehículo, el cambio de dirección posible variará para que se pueda realizar de una forma óptima y lo más segura posible.
- 25

30

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

- Por tanto, el problema de la presente invención consiste en proporcionar una evasión de un obstáculo en la trayectoria del vehículo de la forma más segura y completa posible.
- 35

El problema se resuelve según la presente invención con un procedimiento para un sistema de control automático de un vehículo según la reivindicación 1 y un método de control automático de giro del vehículo según la reivindicación 18. Las reivindicaciones subordinadas definen formas de realización preferidas y ventajosas de la invención.

Según la invención, se proporciona un sistema para controlar un sistema automático de giro de un vehículo que sigue una trayectoria, orientado a la evasión de un obstáculo en dicha trayectoria, que comprende sensores del ángulo de giro del vehículo que se pueden encontrar en el volante, sensores de distancia y velocidad relativa entre el vehículo y un obstáculo y sensores de distancia y velocidad relativa entre el vehículo y elementos fijos del entorno. Gracias a la presencia de estos sensores, se puede analizar la situación en la que se encuentra el vehículo y aparte de determinar cual es la mejor forma de evitar el obstáculo, se determina si dicha evasión es viable.

El sistema de conducción autónoma se conecta cuando el vehículo está circulando por la carretera. Los sensores de los que dispone el vehículo se conectan inmediatamente y empiezan a realizar un análisis del entorno que consiste en detectar las líneas de la carretera por la que circula el vehículo, clasifica la carretera en recta o curva, realiza un análisis de entorno en el que identifica los vehículos y obstáculos que se puedan encontrar alrededor del vehículo y también la densidad del tráfico.

En base al análisis del entorno realizado, se determina si existen o no obstáculos fijos o móviles. Cuando existen obstáculos fijos o móviles en la trayectoria del vehículo, los sensores calculan inmediatamente la distancia y velocidad relativa entre el vehículo y un obstáculo.

Los obstáculos se clasifican en dos grupos. Por un lado, los que van en la misma dirección que el vehículo y, por otro lado, los obstáculos que siguen una trayectoria transversal a la del vehículo. En el primero de los casos, se distinguen cuatro posibles situaciones:

A_1 : $\Delta v = v_1 - v_2 < 0 \rightarrow$ El objeto de evasión tiene velocidad mayor que el vehículo,
 A_2 : $\Delta v = v_1 - v_2 < v_1 > 0 \rightarrow$ El objeto de evasión tiene velocidad menor que el vehículo, pero en la misma dirección,

B: $\Delta v = v_1 - v_2 = v_1 \rightarrow$ El objeto de evasión no se mueve,

C: $\Delta v = v_1 - v_2 > v_1 \rightarrow$ El objeto de evasión se mueve en sentido contrario.

Cuando se trata del caso A1, se vuelve a la situación inicial pues el obstáculo detectado no supone peligro alguno. En el resto de los casos se determinan la aceleración máxima $A_{y_{\max}}$, del coeficiente de adhesión, μ_{est} y con ello determinar la distancia mínima, d_1 , para evitar el obstáculo con un simple frenado del vehículo. Si efectivamente la distancia es mayor que la distancia mínima para realizar frenado, se activa el sistema de frenado del vehículo.

En caso contrario, cuando no hay distancia suficiente para evitar la colisión con el obstáculo mediante frenado, se llevará a cabo la evasión del obstáculo mediante un cambio de dirección o una combinación de frenado y cambio de dirección. Para ello, gracias a los sensores de los que dispone el vehículo que calculan distancia y velocidad relativa entre el vehículo y elementos fijos del entorno, se determinarán posibles rutas alternativas para que el vehículo rebase el obstáculo cambiando su trayectoria.

Es vital que, al calcular posibles rutas alternativas, no existan obstáculos laterales que puedan suponer un peligro a la hora de ejecutar la evasión.

Cuando se trate de obstáculos con movimiento transversal al del vehículo, la evasión del obstáculo se ejecutará hacia en sentido contrario al movimiento del obstáculo. En el caso de estos obstáculos, se valora la posibilidad de que exista otro posible obstáculo transversal detrás del primero detectado lo cuál supondría cambios de dirección muy seguidos. Por ello, antes de calcular la trayectoria de evasión, se determina si existen obstáculos posteriores y se calculará una trayectoria de evasión óptima para rebasar ambos obstáculos de la forma más cómoda viable, con el menor número de variaciones de giro posibles.

De cada una de las rutas alternativas calculadas, se determina mediante sensores laterales la posibilidad de realizar el cambio de carril. En caso de no ser posible se aplica frenado de emergencia y se detiene el vehículo.

Si se permite el cambio de carril, se determina una segunda distancia, d_2 . Se trata de

la distancia mínima necesaria para hacer el cambio de trayectoria a velocidad constante. Si el vehículo se encuentra entre la distancia d_1 y d_2 se inicia la evasión del obstáculo a velocidad constante.

- 5 Si el vehículo se encuentra a una distancia menor que d_2 del obstáculo, la evasión del obstáculo combinará frenado y cambio de dirección.

- Antes de ejecutar la evasión con cambio de dirección, es fundamental determinar que la variación del ángulo que se requiere que haga el vehículo sea viable. Esto es, que sea una variación menor a un valor máximo pues, un cambio de dirección demasiado brusco en el vehículo puede tener consecuencias catastróficas como que vuelque el coche. La variación o ajuste del umbral de variación del ángulo de dirección aceptable actúa como una función de la velocidad del vehículo y cuando la velocidad se encuentra por encima o por debajo de los valores de velocidad máximos o mínimos, se determina que el ángulo tome valores constantes, el máximo o el mínimo posibles. El valor del ángulo de dirección del umbral aumenta a medida que disminuye la velocidad del vehículo y viceversa.
- 10
- 15

- Cuando la variación se encuentra dentro de los valores permitidos, se ejecuta la evasión. Si el conductor actúa sobre el volante o el freno, será indicación de que el conductor no quiere que se ejecute la evasión y por tanto se retomará la trayectoria previa a la evasión y se volverá al paso inicial. Si no es el caso, se seguirá el proceso de evasión del obstáculo.
- 20

- 25 En el caso de que la variación del ángulo de dirección del vehículo supere el valor máximo permitido, se dispone de un sistema de giro secundario basado en frenado diferencial.

- Solo cuando los sensores traseros del vehículo detecten el obstáculo, se determinará que la ejecución ha sido un éxito, se almacenará la información y se retornará al inicio.
- 30

- Si no se detecta el obstáculo en la calzada, pero el conductor actúa de forma brusca sobre el volante y se producen variaciones continuas del ángulo de giro, se activa el sistema de frenado. Si las variaciones son momentáneas, se reestablecen los parámetros de giro anteriores a la variación y se continúa la conducción.
- 35

También existe la posibilidad de que el vehículo determine que se encuentra en una zona no adecuada para conducción autónoma, zona peligrosa, donde se otorga el control del vehículo al conductor.

5

Asimismo, la invención comprende un sistema de control automático de giro de un vehículo que sigue una trayectoria, orientado a la evasión de un obstáculo en dicha trayectoria y un método de control automático de giro del vehículo.

10 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Figura 1.- Muestra un vehículo 10;

Figura 2.- Muestra una descripción detallada del proceso que lleva a cabo el sistema de control.

15 Figura 3.- Muestra de forma detallada el proceso que se lleva a cabo en el paso 22 de la figura 2.

Figura 4.- Muestra de forma detallada el proceso que se lleva a cabo cuando se pasa al paso 43 de la figura 2.

20 Figura 5.- Muestra de forma detallada el proceso que se lleva a cabo cuando si que existen obstáculos fijos o móviles y se pasa al paso 300 de la figura 2.

Figura 6.- Muestra de forma detallada el proceso que se lleva a cabo cuando en vehículo 10 y el obstáculo se encuentran a una distancia suficiente para frenado.

Figura 7.- Muestra de forma detallada el proceso que se lleva a cabo en el paso 51 de la figura 6.

25 Figura 8.- Muestra de forma detallada el proceso que se lleva a cabo en el paso 56 de la figura 6.

Figura 9.- Muestra de forma detallada el proceso que se lleva a cabo en el paso 57 de la figura 6.

30 Figura 10.- Muestra la trayectoria que describe el vehículo 10 al rebasar un obstáculo.

Figura 11.- Muestra el ángulo máximo que puede efectuar el vehículo 10 a bajas velocidades.

Figura 12.- Muestra el ángulo máximo que puede efectuar el vehículo 10 a altas velocidades.

35 Figura 13.- Muestra la variación del ángulo de giro según la velocidad del vehículo.

Figura 14.- Muestra los posibles casos que se pueden dar según el movimiento del obstáculo.

Figura 15.- Muestra un posible caso de cambio de trayectoria.

Figura 16.- Muestra un posible caso de cambio de trayectoria.

5 Figura 17 A.- Muestra una evasión con frenado.

Figura 17 B.- Muestra una evasión con cambio de trayectoria.

Figura 17 C.- Muestra una evasión con cambio de trayectoria y frenado.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

10

La **figura 1** muestra un vehículo 10, dotado de un sistema de control de giro automático, que sigue una trayectoria, orientado a la evasión de un obstáculo en dicha trayectoria. Dicho sistema de control está compuesto de sensores del ángulo de giro 11 del vehículo 10, sensores de distancia y velocidad relativa 12 entre el vehículo 10
15 y dicho obstáculo, sensores de distancia y velocidad relativa 13, 14 y 15 entre el vehículo 10 y elementos fijos del entorno y un sensor trasero 18 de detección de obstáculos una vez se hayan rebasado.

20

En la **figura 2** se muestra una descripción detallada del proceso que lleva a cabo el sistema de control.

Se describirá a continuación el funcionamiento del sistema de conducción autónoma considerando que se conecta cuando el vehículo 10 está circulando por la carretera. En el paso 21 se activan inmediatamente los sensores 11,12,13,14,15 y 18 de que dispone el vehículo y en el paso 22 empiezan a realizar un análisis del entorno. Si en
25 el paso 23 se detectan obstáculos en la trayectoria que describe el vehículo se activa el paso 300. De no ser así, si el conductor actúa de forma brusca sobre el volante 17, se activa el paso 43 y finalmente si no es así, pero el sistema determina que se trata de una zona peligrosa y no apropiada para la conducción autónoma 25, se activa el paso 26 avisando al conductor y se conecta la conducción manual 27. De no darse
30 ninguno de los casos anteriores, el sistema sigue realizando el análisis del entorno.

En la **figura 3** se muestra de forma detallada el proceso que se lleva a cabo en el paso 22. En primer lugar, en el paso 90 se lleva a cabo un análisis del entorno que consiste en detectar las líneas de la carretera por la que circula el vehículo. A continuación, en
35 el paso 91 se clasifica la carretera en recta o curva, en el paso 92 se analiza la

densidad del tráfico. Este último paso es esencial para la posible determinación de zona peligrosa para la conducción autónoma, pues un tráfico muy denso está caracterizado por situaciones inesperadas que pueden ser malinterpretadas por el sistema. Finalmente, en el paso 93 se detectan los obstáculos laterales que pueden impedir el futuro cambio de trayectoria del vehículo.

En la **figura 4** se muestra de forma detallada el proceso que se lleva a cabo cuando se pasa al paso 43. Si se producen variaciones continuas de torque y/o ángulo, en el paso 44 se activa el sistema de frenado. En el caso contrario, si las variaciones son momentáneas, en el paso 45 se reestablecen los parámetros de giro anteriores a la variación y se continúa la conducción.

En la **figura 5** se muestra de forma detallada el proceso que se lleva a cabo cuando sí que existen obstáculos fijos o móviles y se pasa al paso 300. En el paso 30, los sensores 12, 13, 14 y 15 del vehículo determinan inmediatamente la distancia a la que se encuentra dicho obstáculo. Esta distancia se calcula en coordenadas cartesianas (x, y) respecto del vehículo. En los pasos 31 y 32 se determinan respectivamente, la velocidad del vehículo y la del obstáculo que se va a rebasar. Es a partir de este paso cuando se realiza una clasificación de los obstáculos.

Existen dos categorías de obstáculos móviles, los que van en la misma dirección que el vehículo 10 y los que van en dirección transversal 144. Cuando se trata de obstáculos que van en la dirección del vehículo 10, en el paso 34 se determina la velocidad relativa entre el vehículo 10 y el obstáculo. A continuación, se muestran las posibles situaciones A₁, A₂, B y C que se pueden dar que se pueden encontrar de forma gráfica en la figura 14:

A₁: $\Delta v = v_1 - v_2 < 0 \rightarrow$ El objeto de evasión 141 tiene velocidad mayor que el vehículo.

A₂: $\Delta v = v_1 - v_2 < v_1 > 0 \rightarrow$ El objeto de evasión 141 tiene velocidad menor que el vehículo, pero en la misma dirección.

B: $\Delta v = v_1 - v_2 = v_1 \rightarrow$ El objeto de evasión 142 no se mueve.

C: $\Delta v = v_1 - v_2 > v_1 \rightarrow$ El objeto de evasión 143 se mueve en sentido contrario.

Cuando se trata del caso A₁, paso 36, se vuelve a la situación inicial, pues el obstáculo detectado no supone peligro alguno. En el resto de los casos y también en el caso de

obstáculos transversales, se dirige a los pasos 37 y 38, dónde se determinan, gracias a los sensores 12, 13, 14 y 15, el coeficiente de adhesión, μ_{est} y posteriormente se calcula la deceleración máxima $A_{ym\acute{a}x}$.

$$A_{ym\acute{a}x} = g \cdot \mu_{est} \quad (1)$$

5

Siendo g la constante gravitatoria $9,81 \frac{m^2}{s}$.

Estos parámetros serán utilizados en el paso 39 para determinar la distancia mínima para evitar el obstáculo con un simple frenado del vehículo, $dy1_{\min}$.

10

Asumiendo el peor de los casos para esta situación en la que el obstáculo que se detecta está quieto, la distancia que recorrerá el vehículo para evitar el obstáculo con frenado es d_{yf} :

$$d_{yf} = v_{1i} \cdot t_{vc} + \frac{v_{1i} - v_{1f}}{A_{ym\acute{a}x}} \quad (2)$$

15

Siendo t_{vc} el tiempo en el que el vehículo sigue circulando a velocidad constante, v_{1i} la velocidad del vehículo antes de iniciar el frenado, v_{1f} la velocidad final del vehículo y $A_{ym\acute{a}x}$ la deceleración máxima.

20

En el paso 40, si efectivamente la distancia d_{yf} es mayor que la distancia mínima para realizar frenado $dy1_{\min}$, en el paso 41 se activa el sistema de frenado y se detiene el vehículo.

25

En la **figura 6** se muestra de forma detallada el proceso que se lleva a cabo cuando el vehículo 10 y el obstáculo se encuentran a una distancia menor que $dy1_{\min}$. En el paso 50, los sensores 11, de ángulo de giro del vehículo 10, identifican el ángulo de giro del vehículo. A continuación, en el paso 51, se determina la distancia lateral necesaria, dx para rebasar el obstáculo sin peligro. En el paso 52, después de la realización del análisis de la distancia lateral necesaria, se calcularán posibles rutas alternativas para la evasión del obstáculo y en el paso 53, la aceleración lateral necesaria para seguir dichas trayectorias. Cuando se trate de obstáculos con movimiento transversal al del

30

vehículo, se determinará que la distancia necesaria para rebasar el obstáculo será hacia en lado contrario del movimiento del obstáculo. En el paso 54, se determina la posibilidad de ejecutar el cambio de carril gracias a los sensores 13, 14 y 15 de distancia y velocidad relativa entre el vehículo 10 y elementos fijos del entorno que indican si existen obstáculos laterales que puedan interferir en la maniobra. Si este tipo de obstáculos existiese, en el paso 55 se activaría el freno 16 con un sistema de frenado de emergencia parando el vehículo.

Si se activa el proceso de cambio de carril 56, en el paso 57, se analiza si el cambio de ángulo de giro requerido para que siga la trayectoria calculada el vehículo 10 es posible y de no serlo, en el paso 58 se activa un sistema de giro secundario basado en un frenado diferencial del vehículo. Este frenado consistiría en activar los frenos 16 de un lado u otro del vehículo en mayor medida que los del otro lado para que pueda modificar de esta forma su trayectoria. Si el giro se permite, se ejecuta el cambio de trayectoria con el sistema de giro automático principal y en los pasos 59 y 60, se analiza si el conductor del vehículo actúa sobre el volante 17 y/o el freno 16, en cuyo caso se requiere que el sistema autónomo detenga la ejecución de la evasión. Si no se da el caso, se inicia el sensor trasero 18, paso 61 y se sigue el cambio de trayectoria hasta que se detecta el obstáculo rebasado, paso 62. Finalmente, el paso 63 recoge la información y se reinician las variables.

En la **figura 7** se muestra de forma detallada el proceso que se lleva a cabo en el paso 51. Antes de definir la distancia lateral $dx1$ necesaria para la evasión del obstáculo como la definitiva, se valora la posibilidad de que exista otro posible obstáculo transversal detrás del primero detectado, lo cuál supondría cambios de dirección muy seguidos. Por ello, antes de calcular la trayectoria de evasión, en el paso 95, se determina si existen obstáculos posteriores y se calculará una trayectoria de evasión óptima para rebasar ambos obstáculos de la forma más cómoda viable, con el menor número de variaciones de giro posibles. En el paso 96 se determina $dx2$ siendo la distancia necesaria para rebasar el obstáculo secundario y en el paso 97 se determina cual de las $dx1$ o $dx2$ va a ser la distancia óptima.

Para un mejor entendimiento, se dispone de las figuras 15 y 16. La **figura 15** muestra la evasión simple de un solo obstáculo mientras que la **figura 16** muestra la evasión de dos obstáculos. Se muestra claramente que, si no se tuviese en cuenta el obstáculo

secundario, la evasión requeriría de demasiados cambios de giro en comparación a la situación óptima, que tiene en cuenta el obstáculo secundario desde el inicio.

En la **figura 8** se muestra de forma detallada el proceso que se lleva a cabo en el paso 56.

Si se permite el cambio de carril, se hace un cálculo de dos distancias necesarias. En el paso 71 se calcula la primera dy_{2min} , que es la distancia necesaria para cambiar de dirección con velocidad constante. En el paso 72 se calcula la segunda dy_{3min} donde se requiere cambio de dirección con frenado. Tras la determinación de la distancia entre vehículo y obstáculo d_y haciendo un cambio de trayectoria, en el paso 73 se comprueba cual de los dos tipos de evasión posibles se va a efectuar según la comparación de distancias y el sistema inicia la evasión del obstáculo.

La explicación del cálculo de la distancia real entre vehículo y obstáculo d_y haciendo cambio de trayectoria se hará más adelante.

En la **figura 9** se muestra de forma detallada el proceso que se lleva a cabo en el paso 57. En el paso 80 se calcula el ángulo de dirección esperado, en el paso 81, el sensor 11 de ángulo de giro del vehículo determina el parámetro y el paso 82 se calcula, con los datos de los ángulos y la velocidad del vehículo, el umbral de aceptación de variación del ángulo de giro del vehículo 10. En el paso 83 se define si el sistema falla porque el ángulo necesario para llevar a cabo la evasión no se encuentra dentro del umbral o si, sí que se encuentra dentro del umbral permitiendo el cambio de trayectoria.

La **figura 10** muestra la trayectoria que describe el vehículo 10 al rebasar un obstáculo. Para la descripción del cambio de carril y su análisis, se asume inicialmente que el vehículo describe una trayectoria compuesta por dos arcos de radio $dx=r_1=r_2$. En base a esta trayectoria, se hace un cálculo aproximado del tiempo que se requiere para efectuar el cambio de dirección, t_{total} .

Parámetros predeterminados necesarios para el cálculo:

- Aceleración lateral máxima: $A_{1xmáx} [\frac{m}{s^2}]$, se determina de forma teórica.
- Tiempo de retraso, t_r , se trata de una constante.

El desplazamiento en x que el sistema determina previamente:

$$d_x = A_{1xm\acute{a}x} \frac{t^2}{2} \quad (3)$$

De donde despejamos el tiempo necesario para hacer el cambio:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot d_x}{A_{1xm\acute{a}x}}} \quad (4)$$

5

Se asume que ambos arcos son iguales y que existe un tiempo de retraso, tr , en el cambio de una direcci3n a otra. El tiempo total para completar el trayecto es:

$$t_{total} = tr + 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot d_x}{A_{1xm\acute{a}x}}} \quad (5)$$

10 Una vez se dispone del tiempo, t_{total} , para realizar el cambio de trayectoria, gracias a la informaci3n de los sensores de distancia y velocidad relativa 12 entre el veh3culo 10 y el obst3culo, se calcular3n las distancias que recorrer3n el veh3culo y el obst3culo durante ese tiempo predeterminado, que servir3n de referencia para saber qu3 tipo de evasi3n se ejecutar3.

15

Una ventaja de que se trate de un sistema automatizado es la ausencia de tiempo de retraso por actuaci3n humana.

Siendo d_{1y} la distancia recorrida por el veh3culo, seg3n se trate de un cambio de
20 trayectoria a velocidad constante o no:

$$d_{1y} = \begin{cases} v_{1yi} \cdot t_{total}, & v_{1y} = cte \\ v_{1yi} \cdot t_{total} + \frac{1}{2} A_{1ym\acute{a}x} \cdot (t_{total})^2, & v_{1y} \neq cte \end{cases} \quad (6)$$

Tambi3n hay que tener en cuenta el desplazamiento del objeto de evasi3n d_{2y} en ese tiempo t_{total} :

25

$$d_{2y} = \begin{cases} 0, & v_{2y} = 0 \\ v_{2yi} \cdot t_{total}, & v_{2y} = cte \\ v_{2yi} \cdot t_{total} + \frac{1}{2} A_{2ym\acute{a}x} \cdot (t_{total})^2, & v_{2y} \neq cte \end{cases} \quad (7)$$

La distancia d_y que existe entre vehículo y obstáculo haciendo cambio de trayectoria es:

$$d_y = d_{1y} + d_{2y} \quad (8)$$

5

Para analizar el comportamiento del vehículo cuando realiza un giro, es fundamental entender la dinámica del vehículo. Al efectuar un giro, aparecen sobre las ruedas del vehículo unas fuerzas que están directamente relacionadas con la velocidad del vehículo y la rigidez de la rueda, F_α . Si el vehículo se mueve a bajas velocidades, esas
10 fuerzas son bajas y se pueden ignorar. Las fuerzas laterales que sufren las ruedas tendrán mayor importancia, cuando el vehículo circula a velocidades más altas.

La **figura 11** muestra el ángulo que ha de efectuar el vehículo 10 a bajas velocidades basado en el modelo de Ackermann.

15

Cuando el vehículo realiza el cambio de trayectoria a bajas velocidades, para la determinación del ángulo de giro, los parámetros que se utilizan son: la longitud del vehículo, l , el ancho del vehículo, w , y el radio de giro, r . Se determina como radio de giro la mitad de la distancia entre el vehículo 10 y el obstáculo, de la ecuación 6, $r =$
20 $\frac{d_y}{2}$. Como se ha explicado anteriormente, las fuerzas laterales se ignoran en esta situación y el ángulo que efectuará el vehículo se calcula directamente con el modelo de Ackermann.

El ángulo que efectuará el vehículo se determinará según la siguiente expresión:

25

$$\delta = \tan^{-1} \frac{l}{r} \quad (9)$$

$$\delta_i = \tan^{-1} \frac{l}{\frac{l}{\tan \delta_o} - w} \quad (10)$$

δ_i y δ_o son los ángulos de giro de las ruedas interna y externa respectivamente donde, la externa tiene un ángulo de giro mayor.

- 5 La **figura 12** muestra el ángulo que ha de efectuar el vehículo 10 a altas velocidades. Para determinar el ángulo necesario que hay que transmitir a las ruedas se utilizará el modelo simplificado de dos ruedas, modelo bicicleta, que tiene un comportamiento muy parecido al modelo completo y que permite reducir y simplificar los cálculos.
- 10 Como en el caso anterior, se determina como radio de giro la mitad de la distancia entre el vehículo 10 y el obstáculo, de la ecuación 6, $r = \frac{d_y}{2}$.
- En la imagen se muestran los siguientes parámetros:
- Ángulo de guiñada, ψ
 - Ángulo de deslizamiento lateral, β
 - 15 - Ángulo de giro, δ
 - Ángulo de deslizamiento del neumático delantero, α_f
 - Ángulo de deslizamiento del neumático trasero, α_r
 - Distancia total entre ruedas, l
 - Centro de masas, G
 - 20 - Distancia G y rueda delantera, l_f
 - Distancia G y rueda trasera, l_r
 - Velocidad del vehículo, v.

En este caso, las fuerzas laterales sobre las ruedas del vehículo F_{lr} y F_{lf} sí que tienen una importancia relevante. Provocan que la orientación de las ruedas y la dirección que lleva el vehículo ya no sean la misma.

25

Basándonos en la ecuación de Newton donde los parámetros utilizados son la masa del vehículo, m, la aceleración lateral del vehículo, A_X , y las fuerzas laterales sobre las ruedas, F_{lf} y F_{lr} :

30

$$m \cdot A_X = F_{lf} + F_{lr} \quad (11)$$

En base a la determinación de las fuerzas laterales que sufre el vehículo, que son

necesarias para la determinación de la rigidez de los neumáticos, el ángulo de giro δ , 121, que ha de efectuar se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$\delta = \frac{l}{r} + \frac{m}{l} \left(\frac{l_r}{c_{\alpha f}} - \frac{l_f}{c_{\alpha r}} \right) A_x \quad (12)$$

- 5 Donde los parámetros utilizados son la distancia entre el centro de masas, G, y la rueda delantera, l_f , la distancia entre el centro de masas, G, y la rueda trasera, l_r , la rigidez del neumático, c_α , la longitud del vehículo, l, la masa del vehículo, m, y el radio de giro, r y la aceleración lateral, A_x .
- 10 En la ecuación 10, el término $\frac{l}{r}$ depende de los parámetros del coche y el ángulo de Ackerman. Y el término $\frac{m}{l} \left(\frac{l_r}{c_{\alpha f}} - \frac{l_f}{c_{\alpha r}} \right) A_x$ es influencia de la aceleración lateral y de la rigidez del neumático.

- 15 Este ángulo de giro sería igual y contrario para el segundo giro efectuado en la evasión del obstáculo.

- 20 Es importante destacar que según la aceleración lateral A_x del vehículo al tomar la curva y la rigidez del neumático c_α , el viraje del vehículo se ve afectado, dando lugar al sobreviraje y al subviraje. A continuación, se muestra lo que ocurre en cada situación:

Si derivamos el ángulo de giro respecto a la aceleración lateral se obtiene:

$$\frac{d\delta}{dA_x} = \frac{m}{l} \left(\frac{l_r}{c_{\alpha f}} - \frac{l_f}{c_{\alpha r}} \right) \quad (13)$$

- 25 Dependiendo de la relación entre $\frac{l_r}{c_{\alpha f}}$ y $\frac{l_f}{c_{\alpha r}}$ se obtiene:

- Sobreviraje, $\frac{l_r}{c_{\alpha f}} - \frac{l_f}{c_{\alpha r}} < 0$:

$$\Delta\alpha = \alpha_f - \alpha_r < 0 \quad (14)$$

El sobreviraje consiste en una facultad de giro excesiva donde el vehículo tendrá que determinar un ángulo de giro menor al necesario para realizar la curva y así efectuar el cambio correctamente. En este caso, un aumento de velocidad del vehículo implica que el ángulo necesario para seguir la trayectoria sea cada vez menor. Sin embargo, a velocidades elevadas es muy inestable.

- Normal:

$$\Delta\alpha = \alpha_f - \alpha_r = 0 \quad (15)$$

En el caso normal, las fuerzas laterales no influyen sobre las ruedas del vehículo.

- Subviraje, $\frac{l_r}{c_{\alpha f}} - \frac{l_f}{c_{\alpha r}} > 0$:

$$\Delta\alpha = \alpha_f - \alpha_r > 0 \quad (16)$$

El subviraje consiste en una facultad de giro insuficiente donde el vehículo tendrá que determinar un ángulo de giro mayor al necesario para realizar la curva y así efectuar el cambio correctamente. Esta situación es más estable que la del sobreviraje.

Para corregir el sobreviraje y el subviraje, existen sistemas de corrección de estabilidad como el ESP, que utilizan parámetros como de la geometría del vehículo y la rigidez de los neumáticos, que varía según la suspensión, pero esto queda fuera del alcance de esta invención.

La variación o ajuste del umbral de variación del ángulo de dirección aceptable actúa como una función de la velocidad del vehículo y cuando la velocidad se encuentra por encima o por debajo de los valores de velocidad máximos o mínimos, se determina que el ángulo toma valores constantes, el máximo o el mínimo posibles. El valor del ángulo de dirección del umbral puede aumentar a medida que disminuye la velocidad del vehículo y viceversa.

Control de la posibilidad de ejecución del sistema:

Antes de activar el proceso de cambio de carril, se corrobora que el vehículo pueda ejecutar la variación del ángulo, de forma segura. Antes de ejecutar la evasión con

cambio de dirección, es fundamental determinar que la variación del ángulo que se requiere que haga el vehículo es viable. Esto es, que sea una variación menor a un valor máximo, pues un cambio de dirección demasiado brusco en el vehículo puede tener consecuencias catastróficas como que vuelque el coche.

5

Los sensores de distancia y velocidad relativa 12 entre el vehículo 10 y el obstáculo y los sensores de distancia y velocidad relativa 13, 14 y 15 entre el vehículo 10 y elementos fijos del entorno, serán los que determinen las posibles trayectorias del vehículo para rebasar el obstáculo. El sensor de ángulo de giro del vehículo 11 determina δ_{medido} , el ángulo de giro que tiene el vehículo antes de realizar el cambio. Cuando la trayectoria se determina, se calcula el ángulo necesario para efectuar dicho cambio de trayectoria con giro, $\delta_{esperado}$.

$$\delta_{medido} - \delta_{esperado} = \delta_{dif} \quad (17)$$

15 Sin embargo, el vehículo no es capaz de hacer cualquier giro. Según su velocidad, se calcula el umbral de aceptación del ángulo que consiste en el valor máximo que podría girar el vehículo en las condiciones de velocidad en las que se encuentra.

$$\delta_{umbral} = \frac{\delta_{min} - \delta_{max}}{V_{max} - V_{min}} \cdot (V_x - V_{min}) + \delta_{max} \quad (18)$$

20 En la **figura 13** se puede observar la relación entre el ángulo de giro y la velocidad del vehículo. Se muestra el tramo en el que se encuentra δ_{umbral} . Los parámetros δ_{min} y δ_{max} son parámetros que dependen del tipo de vehículo y de su geometría.

Si $\delta_{dif} > \delta_{umbral}$, no es posible llevar a cabo dicho cambio de trayectoria.

25

Cuando la variación se encuentra dentro de los valores permitidos, se ejecuta la evasión. Si el conductor actúa sobre el volante o el freno, pasos 59 y 60, se para la ejecución del cambio de dirección volviendo al paso inicial, paso 22.

30 En el caso de que la variación del ángulo de dirección del vehículo supere el valor máximo permitido, se dispone de un sistema de giro secundario basado en frenado diferencial, paso 58.

Finalmente, en el paso 61, los sensores traseros del vehículo 18, inician la detección del obstáculo y solo cuando lo detecten, paso 62, se determinará que la ejecución ha sido un éxito, se almacenará la información y se reiniciarán las variables 63 y se
5 retornará al inicio, paso 22.

La **figura 17** muestra las posibles evasiones que se pueden llevar a cabo según la distancia que haya entre vehículo y obstáculo con objetivo de aclarar la diferencia entre las tres situaciones.

10 En la **figura 17 A**, d_1 representa la distancia necesaria para llevar a cabo una evasión mediante frenado.

En la figura **17 B**, d_2 representa la distancia necesaria para llevar a cabo una evasión mediante cambio de trayectoria.

En la figura **17 C**, d_3 representa la distancia necesaria para llevar a cabo una evasión
15 mediante cambio de trayectoria y frenado.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema de control automático de giro de un vehículo (10) que sigue una trayectoria, orientado a la evasión de un obstáculo (200) en dicha trayectoria, que comprende:
- Sensores del ángulo de giro (11) del vehículo (10),
 - Sensores de distancia y velocidad relativa (12) entre el vehículo (10) y dicho obstáculo,
 - 10 ▪ Sensores de distancia y velocidad relativa (13, 14, 15) entre el vehículo (10) y elementos fijos del entorno.
- 15 **Caracterizado** por recibir la información captada por los sensores (11,12,13,14 y 15), estimar la viabilidad de la evasión del obstáculo (200) y en caso de ser viable, provocar un giro (121) del vehículo (10), modificando así su trayectoria.
- 20 2. Sistema de control de la reivindicación 1, en el que la evasión del obstáculo (200) se estima viable cuando se dan las siguientes condiciones:
- No hay información de la existencia de elementos fijos del entorno que interfieran en el cambio de trayectoria,
 - El giro necesario para que el vehículo (10) lleve a cabo la evasión es inferior a un valor de giro máximo admisible predeterminado.
- 25 3. Sistema de control de acuerdo con alguna de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por, que en caso de estimar la evasión del obstáculo (200) como no viable, el sistema de control acciona el freno (16) del vehículo (10).
- 30 4. Sistema de control de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por, que si el giro necesario para que el vehículo (10) lleve a cabo la evasión es mayor a un valor de giro máximo admisible predeterminado y no hay información de la existencia de elementos fijos del entorno que interfieran en el cambio de trayectoria, el sistema de control acciona un sistema de
- 35 control secundario basado en un frenado diferencial del vehículo.

5. Sistema de control de acuerdo con alguna de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por, que el ángulo de giro máximo admisible predeterminado aumenta a medida que se reduce la velocidad del vehículo (10) y viceversa.
6. Sistema de control de acuerdo con alguna de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por, que si se ejecuta la evasión del obstáculo (200) y el conductor actúa sobre el volante (17), se detiene la ejecución.
7. Sistema de control de acuerdo con alguna de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por, que si se ejecuta la evasión del obstáculo (200), pero el conductor actúa sobre el freno (16), se detiene la ejecución.
8. Sistema de control de acuerdo con alguna de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por, que la evasión del obstáculo (200) ha sido exitosa cuando sensores traseros (18) detectan el obstáculo tras la ejecución de la maniobra.
9. Sistema de control de acuerdo con alguna de las reivindicaciones precedentes, en el que la determinación de la trayectoria de la evasión comprende:
- Detectar obstáculos (200) en la calzada,
 - Determinar una posible colisión entre el vehículo (10) y el obstáculo,
 - Determinar una primera distancia mínima para evitar la colisión con frenado,
 - Determinar una segunda distancia mínima para evitar la colisión con cambio de trayectoria,
 - Determinar una tercera distancia mínima para evitar la colisión con combinación de frenado y cambio de trayectoria.
10. Sistema de control de acuerdo con alguna de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por, que cuando se detecta un obstáculo cercano, el vehículo (10) analiza la posibilidad de que exista un segundo obstáculo detrás del primero y, de existir ambos obstáculos, se calcula el

cambio de trayectoria con la distancia lateral que permita el menor número de variaciones de giro posible para la evasión de ambos obstáculos.

- 5 11. Sistema de control de acuerdo con alguna de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por, que se distinguen dos tipos de obstáculos:
- Los que se mueven en la misma dirección que el vehículo (10), en ambos sentidos y,
 - Los que se mueven en dirección transversal a la trayectoria del vehículo (10).
- 10
12. Sistema de control de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado por, que cuando el vehículo (10) y el obstáculo se mueven en la misma dirección, la evasión puede realizarse hacia la izquierda o hacia la derecha, diferenciándose entre:
- 15 ▪ Obstáculos (141) que se mueven a mayor velocidad y en el mismo sentido que el vehículo (10),
- Obstáculos (141) que se mueven a menor velocidad y en el mismo sentido que el vehículo (10),
- Obstáculos (142) inmóviles,
- 20 ▪ Obstáculos (143) que se mueven en sentido contrario al vehículo (10).
13. Sistema de control de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado por, que cuando el obstáculo (144) se mueve en dirección transversal respecto
- 25 al vehículo (10) (caso de un peatón cruzando la calzada), el sistema determina el sentido del movimiento del obstáculo y calcula una ruta alternativa para evitarlo, girando hacia el sentido contrario al movimiento del obstáculo.
- 30 14. Sistema de control de acuerdo con alguna de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por, que, si no se detectan obstáculos, pero el conductor actúa de forma brusca sobre el volante (17) o sobre el freno (16), provocando variaciones del ángulo de giro (121) constantes, se frena el vehículo (10).

35

- 5 15. Sistema de control de acuerdo con alguna de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por, que, si no se detectan obstáculos, pero el conductor actúa de forma brusca sobre el volante (17) o freno (16) provocando una variación del ángulo de giro (121) momentánea, se retoman instantáneamente los valores de dirección precedentes a la variación.
- 10 16. Sistema de control de acuerdo con alguna de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por, que cuando se determina zona peligrosa para la conducción autónoma, el vehículo (10) solicita que se abandone el sistema de conducción autónoma y se conecte la conducción manual.
- 15 17. Sistema de control de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizado por, que se produce un aviso al conductor cuando se inicia la conducción manual.
- 20 18. Método de control automático de giro de un vehículo (10) que sigue una trayectoria, orientado a la evasión de un obstáculo (200) en dicha trayectoria, que comprende:
- Sensores del ángulo de giro (11) del vehículo (10),
 - Sensores de distancia y velocidad relativa (12) entre el vehículo (10) y dicho obstáculo,
 - Sensores de distancia y velocidad relativa (13, 14, 15) entre el vehículo (10) y elementos fijos del entorno.
- 25 **Caracterizado** por recibir la información captada por los sensores (11,12,13,14 y15), estimar la viabilidad de la evasión del obstáculo (200) y en caso de ser viable, provocar un giro (121) del vehículo (10), modificando así su trayectoria.
- 30

DIBUJOS

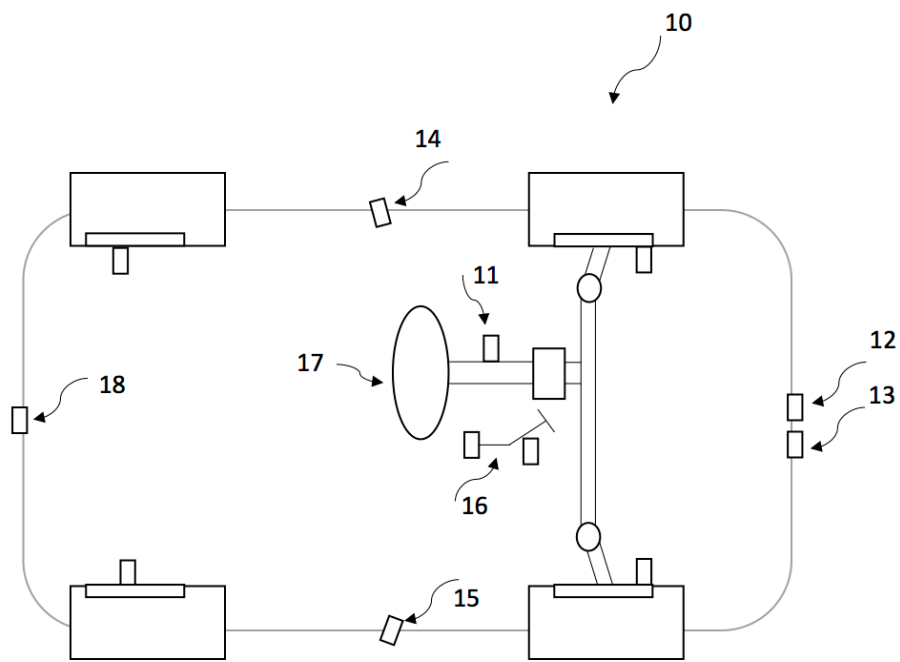


FIGURA 1

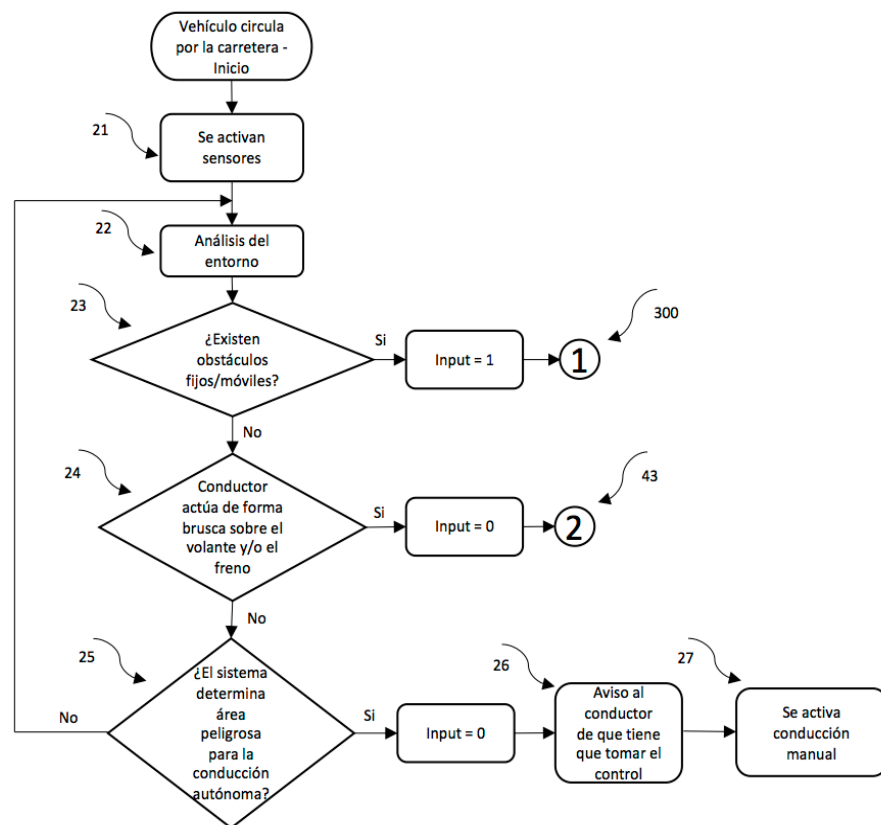


FIGURA 2

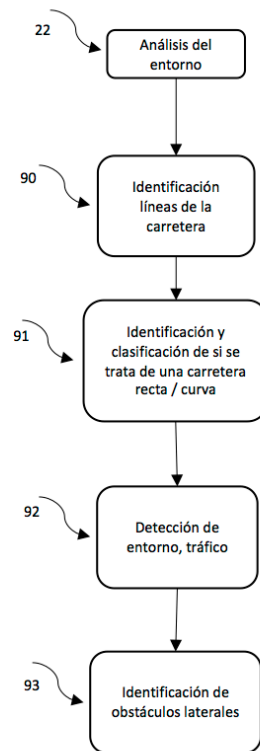


FIGURA 3

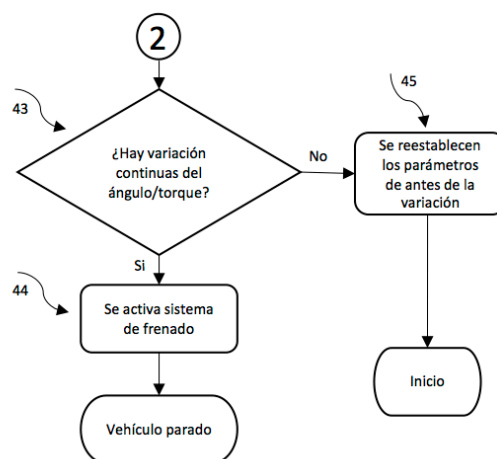


FIGURA 4

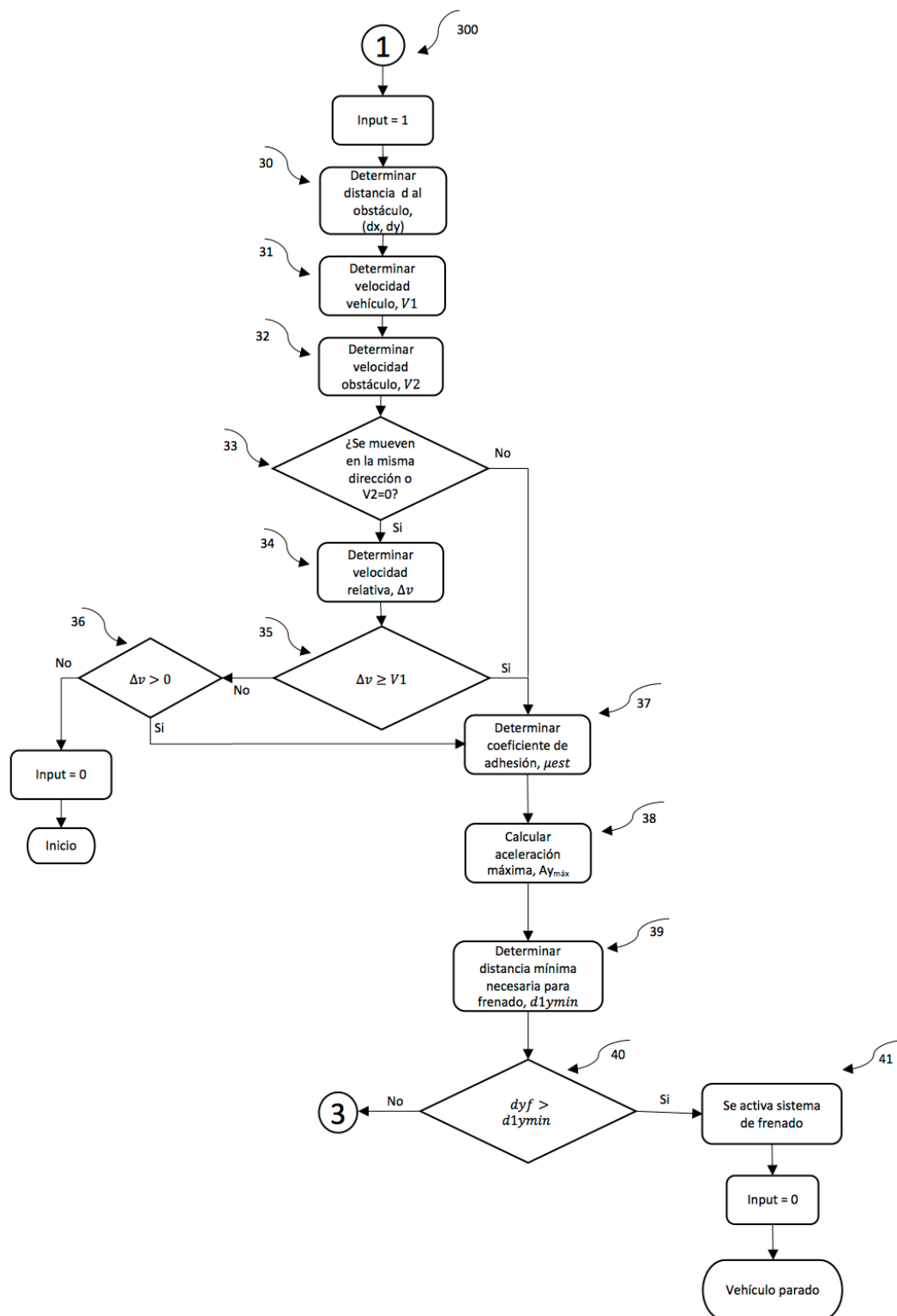


FIGURA 5

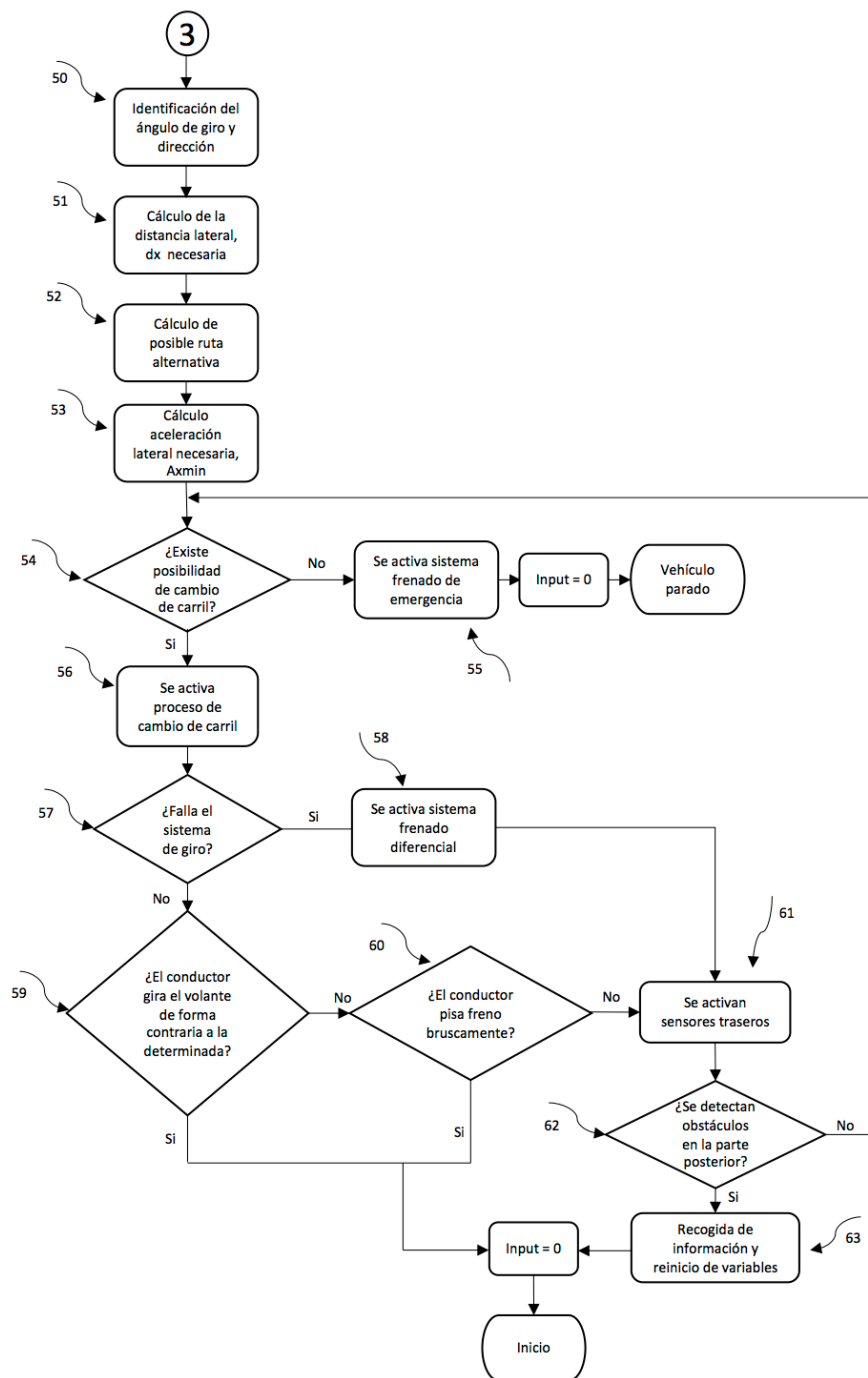


FIGURA 6

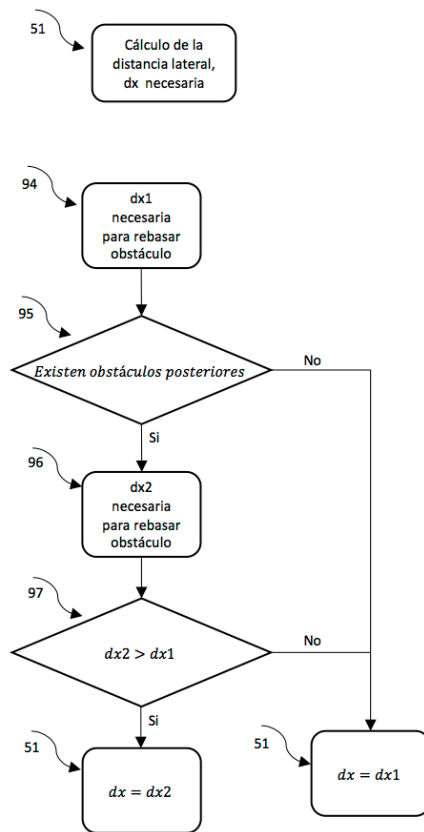


FIGURA 7

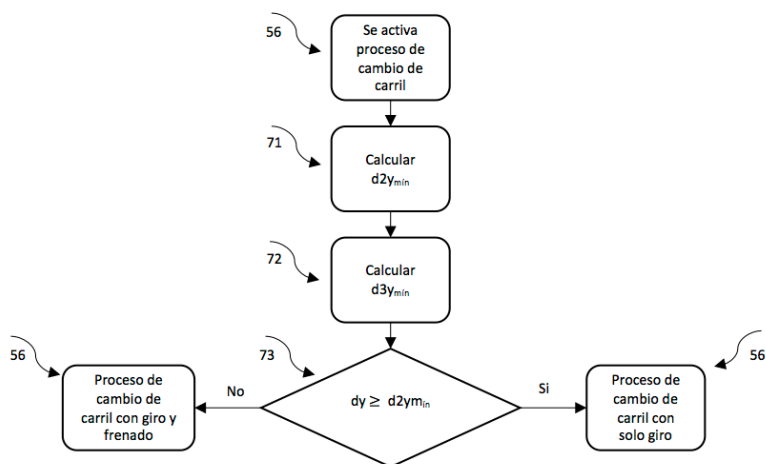


FIGURA 8

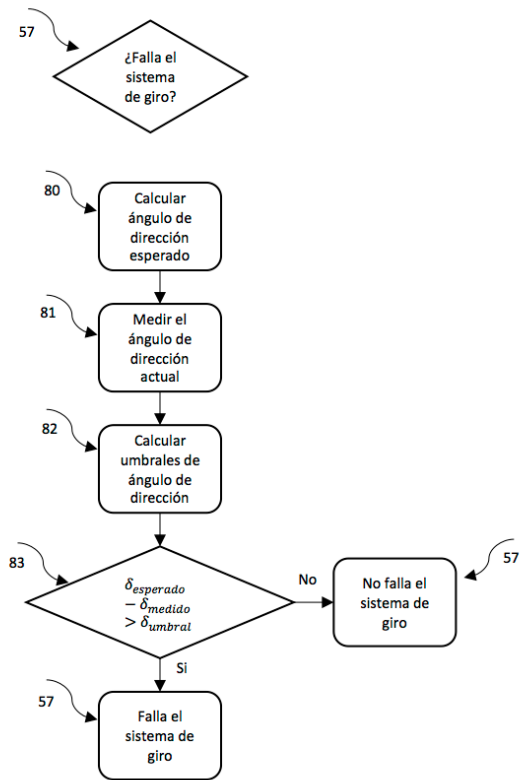


FIGURA 9

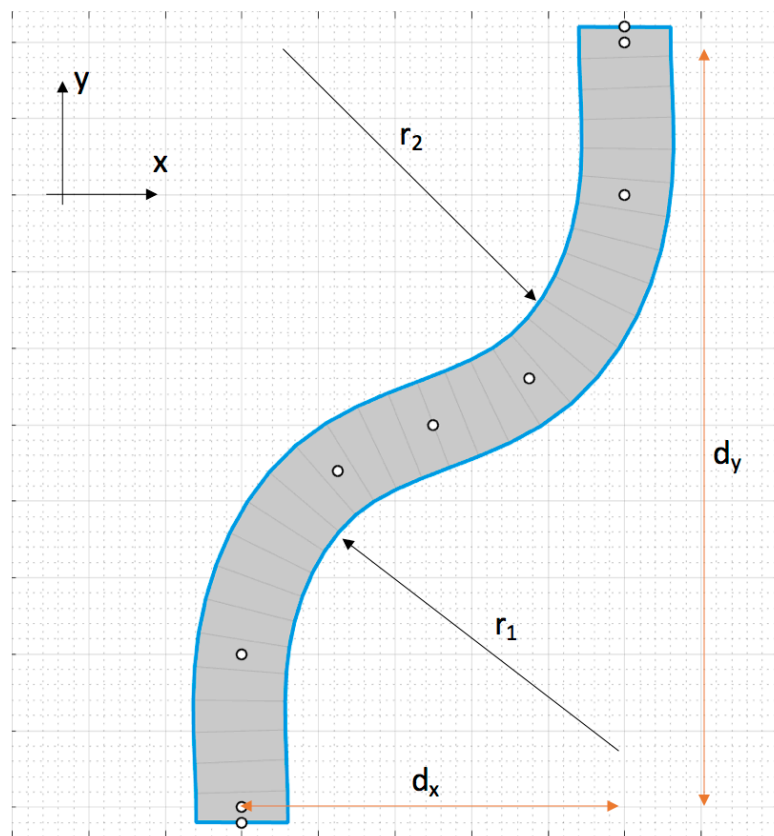


FIGURA 10

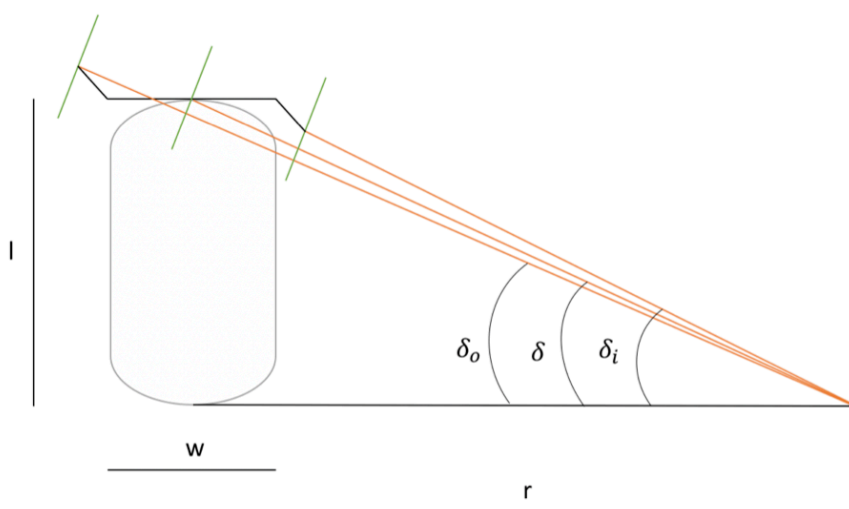


FIGURA 11

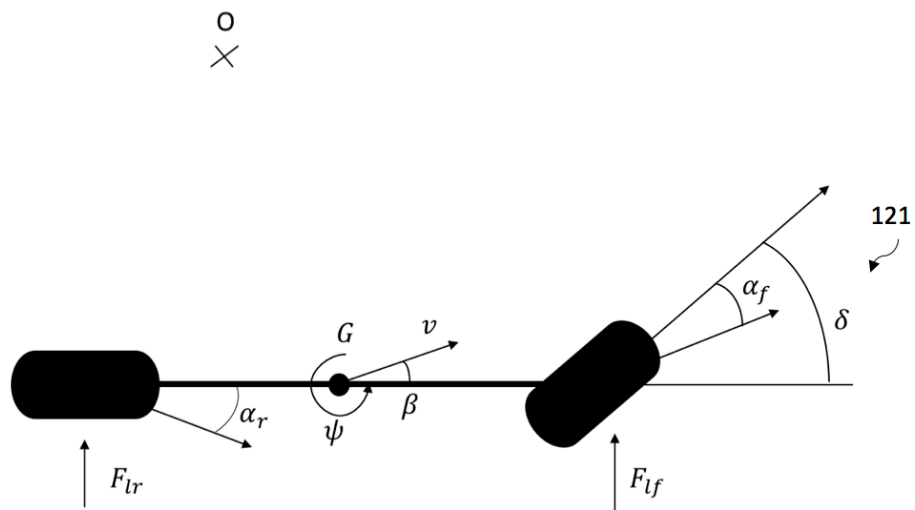


FIGURA 12

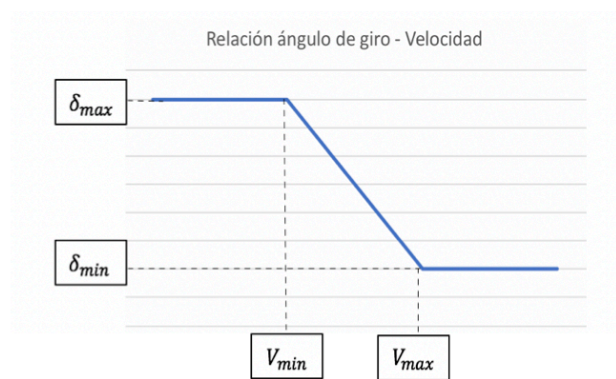
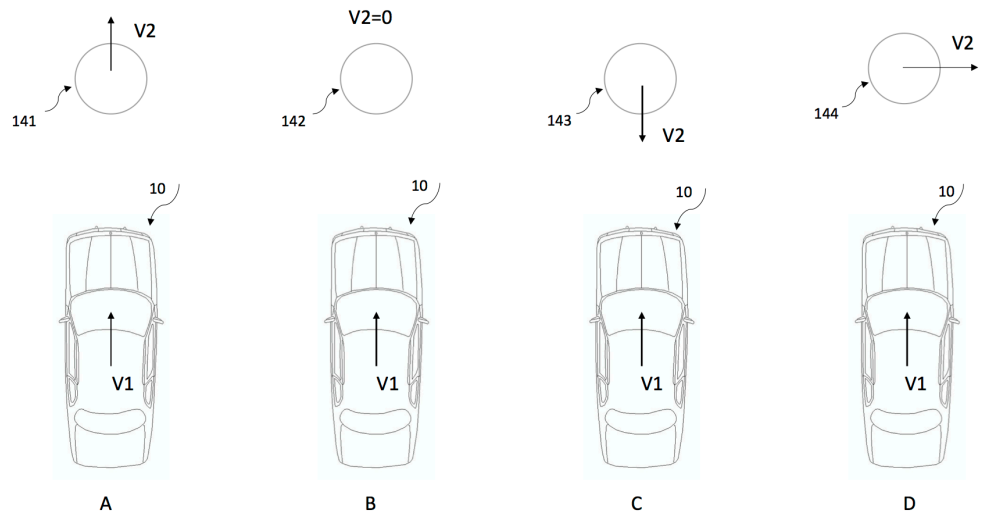


FIGURA 13

FIGURA 14



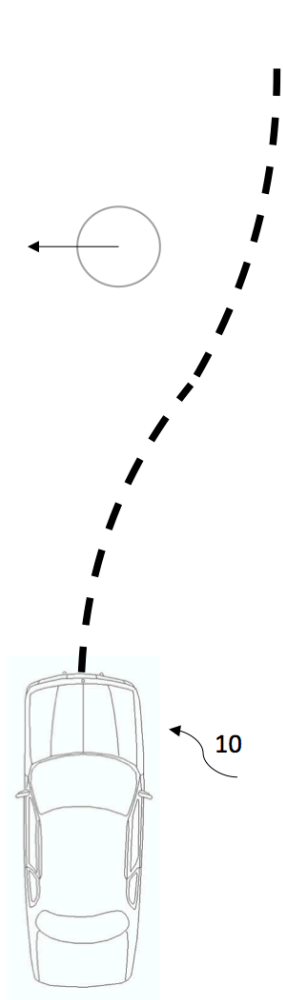


FIGURA 15

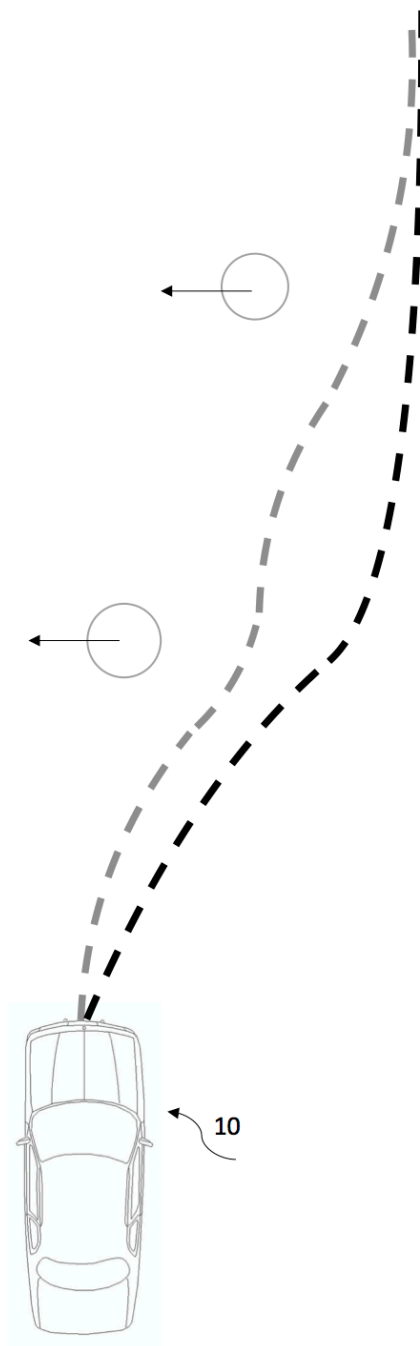


FIGURA 16

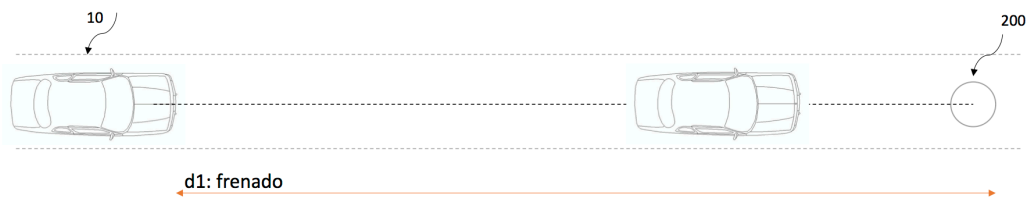


FIGURA 17 A

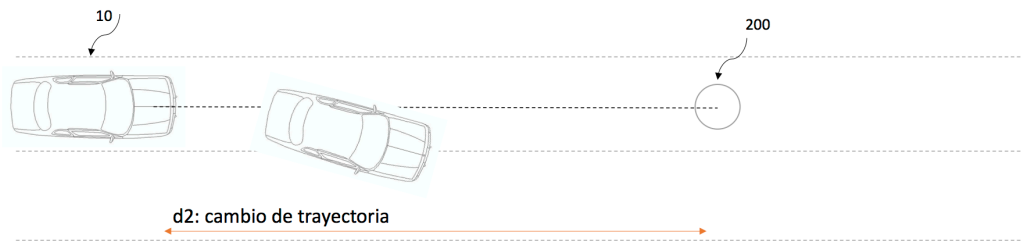


FIGURA 17 B

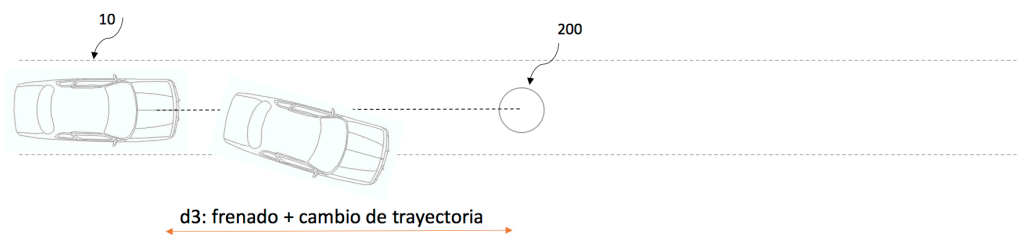


FIGURA 17 C