

Grado Universitario en Ingeniería Informática  
2020-2021

*Trabajo Fin de Grado*

## “Reconocimiento de Emociones en los Acompañantes de un Vehículo”

---

Binxian Huang

Tutor/es

Jose Antonio Iglesias Martínez  
Leganés, Junio 2024



Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento - No Comercial - Sin Obra Derivada**



## **RESUMEN**

**Palabras clave:**



## **DEDICATORIA**



## **ÍNDICE GENERAL**

1. INTRODUCCIÓN . . . . .	1
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	1
1.3. Estructura de la memoria . . . . .	2
2. ESTADO DEL ARTE . . . . .	3
2.1. Experiencia del Usuario en la Industria de la Automoción . . . . .	3
2.1.1. Panales táctiles . . . . .	3
2.1.2. Coches conectados . . . . .	4
2.1.3. Heads Up Display (HUD) . . . . .	8
2.2. Sistemas Avanzados de Ayuda a la Conducción (ADAS) . . . . .	10
2.3. Vehículos Autónomos . . . . .	10
2.4. Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático . . . . .	10
2.5. Trabajos Relacionados . . . . .	10
3. DISEÑO DEL SISTEMA . . . . .	11
4. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS . . . . .	12
5. MARCO REGULADOR . . . . .	13
6. ENTORNO SOCIO-ECONÓMICO . . . . .	14
6.1. Gestión del proyecto . . . . .	14
6.2. Impacto socio-económico . . . . .	14
7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS . . . . .	15
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	16



## ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Evolución del panel en un Volkswagen Golf [1]. . . . .	3
2.2	Conductor interaccionando con una pantalla táctil [1]. . . . .	4
2.3	Ejemplos de ECUs en un coche [3]. . . . .	5
2.4	Visión general de un sistema de coche conectado [3]. . . . .	5
2.5	Ejemplos de interfaces de Android Auto en la pantalla del coche. . . . .	7
2.6	Ventas de coches con Apple CarPlay vs Android Auto [3]. . . . .	7
2.7	Vista de un HUD de un Jaguar [4]. . . . .	8
2.8	Funcionamiento y componentes de un HUD [4]. . . . .	8
2.9	Visión de cámara de infrarrojos en el HUD [4]. . . . .	9
2.10	Visión de HUD en espejos retrovisores [4]. . . . .	9



## **ÍNDICE DE TABLAS**



# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Motivación**

Actualmente, siendo una era de grandes avances tecnológicos, la industria automotriz destaca como un faro de innovación, particularmente en el desarrollo de sistemas inteligentes diseñados para mejorar la seguridad y personalizar la experiencia del conductor. La integración de la Inteligencia Artificial (IA) en los sistemas de los vehículos representan un cambio transformador, pasando de los vehículos tradicionales a los “vehículos inteligentes” o smart vehicles. Estos vehículos no son meros medios de transporte, sino que son plataformas sofisticadas que se adaptan de forma dinámica a las necesidades y estados emocionales de los pasajeros.

Las tecnologías en los vehículos actuales en gran medida no tienen en cuenta el contexto emocional de los pasajeros, dependen de una entrada en concreto como comandos táctiles o vocales. La implementación de sistemas capaces de percibir y reaccionar a los estados emocionales de los pasajeros podría ser un gran avance para el sector del diseño de software centrado en el usuario.

Este proyecto se centra en aprovechar el gran avance de la IA para desarrollar un modelo capaz de reconocer y analizar emociones faciales de los pasajeros en tiempo real, y aplicarlo en un sistema afectando a la forma en la que los vehículos interactúan con los ocupantes, ajustando configuraciones internas como la música, la iluminación y la temperatura, para mejorar el confort y la seguridad. Esto serviría mejorar la experiencia del usuario, además de que podría ser útil en los “Sistemas Avanzados de Ayuda a la Conducción” o Advanced Driver-Assistance System (ADAS), ya que ayudaría al conductor a librarse de realizar por sí mismo dichas acciones y no distraerse de la conducción, además que el modelo realizado también podría ser utilizado en los sistemas.

## **1.2. Objetivos**

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un modelo de reconocimiento de emociones faciales, que pueda ser aplicado en el sistema de un vehículo para mejorar la experiencia del usuario. Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollar un modelo capaz de identificar las expresiones faciales mediante imágenes de las caras de los pasajeros.
- Diseñar un sistema que permita integrar el modelo con los demás sistemas del vehículo, además de poder interactuar con los controles del vehículo como la iluminación, los sistemas de audio o el control del clima.

- Mejorar las medidas de seguridad en función de los resultados del modelo, como permitir al sistema ajustar la dinámica de conducción, activar protocolos de seguridad, alertar sobre posibles peligros, etc. si se detectan señales de enfado o angustia.
- Análisis y estudio de viabilidad económica y técnica del sistema, verificando si la integración de esta tecnología es factible para el mercado comercial, además de un análisis de impacto y una evaluación de los usuarios en la aceptación de esta tecnología en los vehículos.

### **1.3. Estructura de la memoria**

El documento se organiza en siete capítulos principales:

1. **Introducción:** En este capítulo se describe el contexto general del proyecto, incluyendo la motivación que impulsa a su realización y los objetivos específicos que se pretende alcanzar.
2. **Estado del Arte:** En este capítulo se presenta una breve revisión literaria de los temas relacionados al proyecto, los avances de la experiencia del usuario el sector de los automóviles, la inteligencia artificial en la industria de la automoción, los ADAS y los sistemas implementados que mejoran las experiencias de los usuarios, además de un análisis de los distintos trabajos previos en relación al tema.
3. **Diseño del sistema:** En este capítulo se describe el diseño y arquitectura del sistema, los requisitos necesarios, un análisis y explicación de la fuente de datos elegida para la realización del modelo, al igual que una descripción de las metodologías y herramientas que se usarán.
4. **Implementación y resultados:** En este capítulo se documenta el proceso práctico de la realización del modelo así como un análisis de los resultados obtenidos.
5. **Marco regulador:** En este capítulo se realiza una revisión de las normativas y regulaciones relevantes que afecten a este proyecto.
6. **Entorno socio-económico:** En este capítulo se describe en una primera sección la planificación y administración del proyecto, y en una segunda sección el posible impacto del proyecto en la sociedad y la economía.

## 2. ESTADO DEL ARTE

### 2.1. Experiencia del Usuario en la Industria de la Automoción

La experiencia de usuario (UX) es un concepto fundamental en el ámbito del diseño y desarrollo de productos y servicios, y su importancia ha ido creciendo exponencialmente en los últimos años. En el contexto de la industria automotriz, la UX se refiere a la manera que interactúan los usuarios con los vehículos, las tecnologías que incorporan estos mismos, y cómo esas interacciones afectan a la satisfacción del usuario. [1]

Una buena experiencia de usuario no sólo implica una simple funcionalidad, ya sea ergonomía del asiento, integración de sistemas de entretenimiento, o características que mejoran la seguridad y comodidad; también implica tener en cuenta aspectos emocionales y psicológicos que influyen en la decisión de compra y la marca, como la facilidad de uso o la intuitividad de las interfaces de usuario.

Al crecer la expectativa de los usuarios para una experiencia mejor y personalizable, conlleva a los fabricantes a tomar importancia el diseño centrado en el usuario con la realización de investigaciones de mercado y pruebas de usuario para comprender sus necesidades y deseos, lo que es beneficioso para la innovación y competitividad del sector.

#### 2.1.1. Panales táctiles

La interacción con los componentes de un automóvil moderno es muy diferente en comparación con unas décadas atrás. En el pasado, los paneles de los coches solo contenían controles físicos sencillos y la interacción era mediante botones, diales y deslizadores para ajustar la radio o el aire acondicionado. Además, las radios solo funcionaban mediante dispositivos físicos como cassetes o CDs. Posteriormente evolucionaron a pequeñas pantallas digitales que añadían una funcionalidad de GPS muy sencilla, hasta evolucionar a lo que hay actualmente, pantallas táctiles que sustituyen e incluyen la mayoría de las funcionalidades de los botones físicos. [2]



Fig. 2.1. Evolución del panel en un Volkswagen Golf [1].

Esta adaptación es debido al rápido avance tecnológico de los teléfonos móviles y

tablets, la comodidad en la que se interactúa pulsando o deslizando sobre las pantallas de los dispositivos, es lo que ha promovido a los fabricantes de automóviles a incorporar las mismas características de las pantallas táctiles en el lugar de los controles físicos de los coches.



Fig. 2.2. Conductor interaccionando con una pantalla táctil [1].

Las pantallas táctiles aportan bastantes beneficios, como pueden ser un diseño limpio y simplificado, siendo visualmente más atractivo al no contener tantos botones y diales, o flexibilidad y dinamicidad en la interfaz para añadir o mejorar funcionalidades.

Sin embargo, aunque permiten una interacción más sencilla y limpia, también presentan problemas de seguridad hacia el conductor. La distracción visual del conductor por la necesidad de desviar la vista de la carretera para interactuar con los paneles, lo que podría aumentar el riesgo de accidente o una falta de retroalimentación para las acciones que se realicen dificultaría al usuario manejar la pantalla sin mirar. Incluso en países como Reino Unido donde los vehículos tienen los volantes a la derecha, interaccionar con la pantalla con la mano izquierda podría ser difícil o incómodo.

### 2.1.2. Coches conectados

El concepto de “coche conectado” surge de la integración de los coches en el Internet de las Cosas (IoT), al ser capaces de acceder a Internet, comunicarse con dispositivos inteligentes y recopilar datos en tiempo real. Inicialmente los automóviles contenían un número pequeño de Unidades de Control Electrónico (ECU), donde cada una era independiente de otra y realizaba una funcionalidad simple. Los coches de hoy en día pueden contener hasta 70 ECUs realizando muchas funcionalidades variadas, además de poder utilizar protocolos de comunicación que les permiten “hablar” con otros vehículos e infraestructuras, e incluso con Internet. Actualmente, incluso se ha logrado la integración de dispositivos móviles y smartphones en los paneles de los automóviles ofreciendo servicios avanzados de multimedia y entretenimiento. [3]

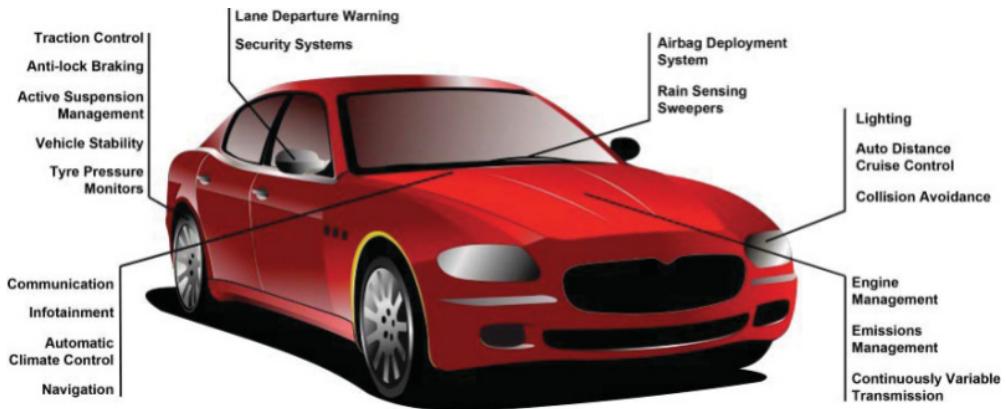


Fig. 2.3. Ejemplos de ECUs en un coche [3].

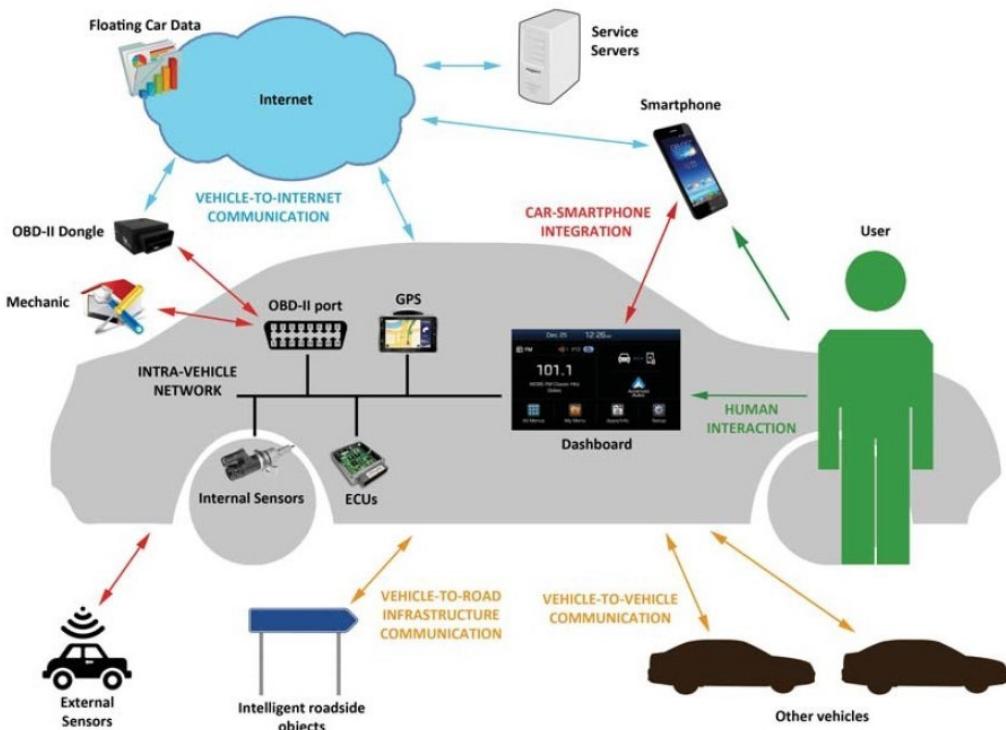


Fig. 2.4. Visión general de un sistema de coche conectado [3].

Al tener tantos dispositivos interconectados, las tecnologías y protocolos de comunicación en los coches conectados son fundamentales para su correcto funcionamiento, ya que permiten la interacción entre los componentes del vehículo, otros vehículos o las infraestructuras de las vías. Los diferentes tipos de comunicación que un coche conectado debe garantizar y las tecnologías disponibles para realizar dichas conexiones son las siguientes:

- **Vehicle To Sensors On Board communication (V2S) o Comunicación Intra-Vehicular:** esta comunicación se centra en la transmisión de información entre las ECUs y los sensores del vehículo, y se realiza mediante cables físicos o redes inalámbricas como Bluetooth o Ultra-Wideband. Un detalle a tener en cuenta es que

aunque las redes inalámbricas ofrecen más versatilidad, presentan todavía problemas de seguridad y fiabilidad.

- **Vehicle To Vehicle Communication (V2V) o Comunicación Inter-Vehicular:** esta comunicación se centra en la transmisión de información entre diferentes coches sin la necesidad de un dispositivo remoto centralizado, utilizada principalmente para evitar accidentes, optimizar rutas, compartir información multimedia y facilitar la interacción social entre conductores. Esta tecnología de comunicación enfrenta todavía desafíos ya que una constante variación en la topología de la red o la presencia de obstáculos puede dificultar su gestión o interrupciones en el flujo de los datos.
- **Vehicle To Road Infrastructure Communication (V2R):** esta comunicación se centra en la transmisión de información entre un vehículo y una infraestructura de la vía compuesta por señales de tráfico, sensores de carretera y semáforos, y utilizada principalmente para una gestión eficiente del tráfico.
- **Vehicle To Internet Communication (V2I):** esta comunicación se centra en la transmisión de información entre un vehículo e Internet, utilizada principalmente para interaccionar con sus servicios y acceder a información multimedia. Se realiza mediante infraestructuras de red celular, al igual que un dispositivo móvil, utilizando una tarjeta SIM para permitir que el vehículo se conecte a una red 3G o 4G.

En cuanto a la integración de dispositivos móviles y smartphones con los coches conectados, se han desarrollado soluciones software capaces de permitir a la pantalla del coche acceder a los datos del dispositivo, e incluso permite al usuario controlar aplicaciones del dispositivo en la pantalla. Esta integración ofrece varias ventajas, como pueden ser una personalización diferente para cada usuario que depende de cada dispositivo, o además facilitar a los desarrolladores de aplicaciones crear aplicaciones sobre una plataforma genérica en vez de un modelo de pantalla específico. Las soluciones de integración más extendidas son:

- **MirrorLink:** desarrollado por el Car Connectivity Consortium (CCC), y permite la conexión mediante USB o Wi-Fi Direct. Crea directrices para la interfaz gráfica de las aplicaciones, con iconos de gran tamaño facilitando una navegación rápida y sencilla.
- **Applink:** desarrollada por Ford, y permite realizar distintas acciones dentro del vehículo como mostrar mensajes en la pantalla, reproducir música y ofrecer controles por voz.
- **Apple CarPlay:** solución desarrollada para dispositivos iPhone, extendiendo las funcionalidades del sistema estándar del vehículo, y permite controlar aplicaciones mediante la pantalla, comandos de voz con SIRI, y llamadas y mensajes con manos libres.

- **Android Auto:** solución desarrollada por la Open Automotive Alliance, y centrada en la conexión con dispositivos Android. Proporciona un tablero simple que permite el acceso a sistemas de navegación, como por ejemplo Google Maps, además de música, llamadas telefónicas, comandos de voz, etc.

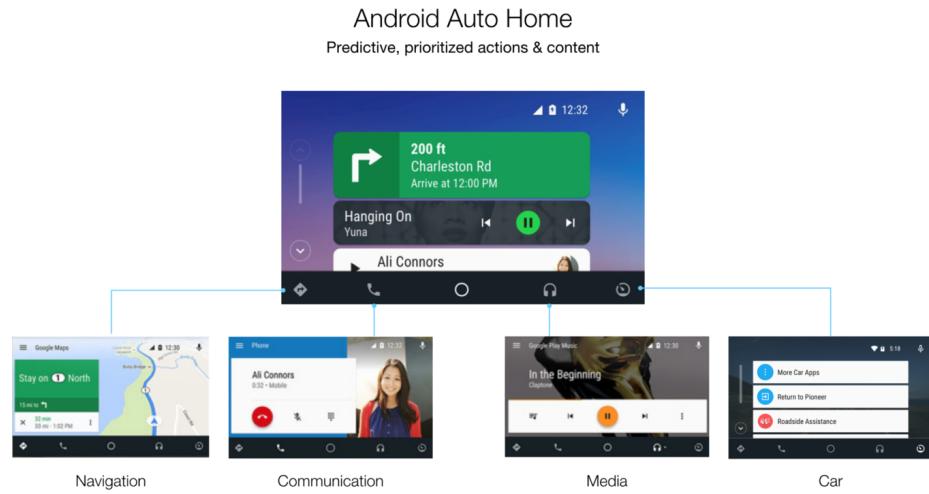


Fig. 2.5. Ejemplos de interfaces de Android Auto en la pantalla del coche.

Actualmente, de las tecnologías anteriores las más populares y mayoritariamente implementadas son las dos últimas, Apple CarPlay y Android Auto, debido a que tienen un mayor número de funcionalidades y tienen un mayor número de dispositivos con dicho sistema operativo compatible.

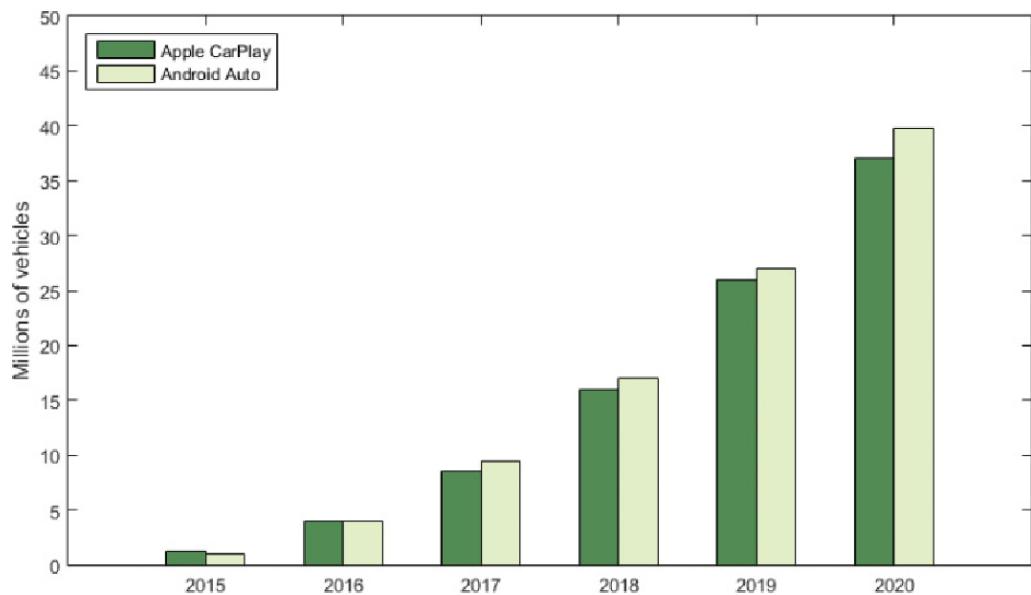


Fig. 2.6. Ventas de coches con Apple CarPlay vs Android Auto [3].

### 2.1.3. Heads Up Display (HUD)

Los sistemas Head-Up Display (HUD) fueron desarrollados originalmente para aviadORES durante la Primera Guerra Mundial, los cuales servían para percibir aviones enemigos, y que posteriormente fueron evolucionando para mostrar más información como altitud, velocidad del viento, indicador de horizonte, etc. Actualmente se han introducido también en vehículos a tierra, los coches, mostrando datos esenciales sobre el parabrisas del vehículo. [4]



Fig. 2.7. Vista de un HUD de un Jaguar [4].

La estructura de un HUD se compone de tres componentes: el combinador, la superficie donde se proyecta la imagen; el proyector, el componente que genera y dirige la imagen hacia el combinador; y la unidad de procesamiento, que gestiona los datos obtenidos y controla la protección.

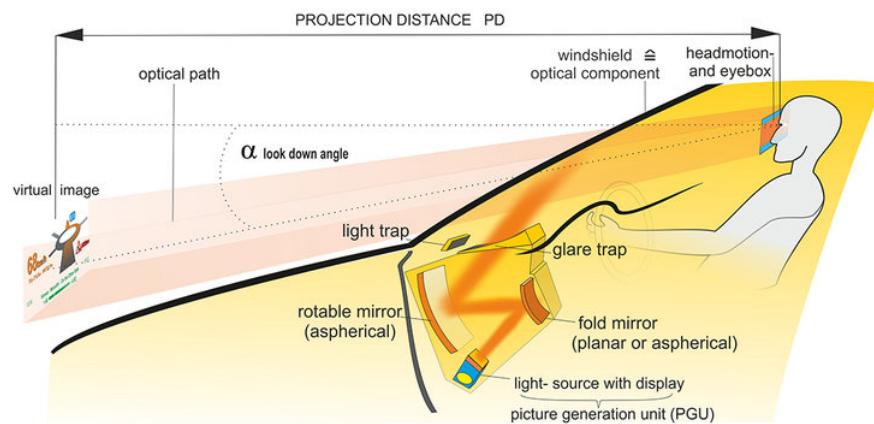


Fig. 2.8. Funcionamiento y componentes de un HUD [4].

La información que es proporcionada por un HUD de un automóvil está centrada en información relacionada con la conducción y el estado del vehículo: características de la carretera como límites de velocidad y condiciones del camino, o navegación con mapas

y direcciones. Todo esto es útil para mantener al conductor informado, y proporcionar advertencias en caso de eventos peligrosos que puedan ocurrir a la seguridad.

También se han desarrollado dispositivos HUD comerciales, que pueden instalarse de manera externa, aunque tienen limitaciones para usar la información de navegación al no ser integrados.

Algunos vehículos modernos incluyen incluso funcionalidades como visión nocturna, mediante el uso de cámaras infrarrojas para mejorar la visibilidad en condiciones de poca luz, y proyectando esa información en el HUD.



Fig. 2.9. Visión de cámara de infrarrojos en el HUD [4].

También existen casos experimentales donde se implementan en los espejos retrovisores para proporcionar información de vistas traseras.



Fig. 2.10. Visión de HUD en espejos retrovisores [4].

**2.2. Sistemas Avanzados de Ayuda a la Conducción (ADAS)**

**2.3. Vehículos Autónomos**

**2.4. Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático**

**2.5. Trabajos Relacionados**

### **3. DISEÑO DEL SISTEMA**

## **4. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS**

## **5. MARCO REGULADOR**

## **6. ENTORNO SOCIO-ECONÓMICO**

**6.1. Gestión del proyecto**

**6.2. Impacto socio-económico**

## **7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. Papadaki, *User experience in automotive industry: user perspective on functionality and entertainment*, ene. de 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=-6939&pid=diva2%3A1385278>.
- [2] M. T. Zulkefli, N. I. A. Shafai y H. A. Azizan, *Automotive Interior: A study on the Dashboard Touch Screen Panel and Its Impact to the Driver*. [En línea]. Disponible en: <https://eudl.eu/doi/10.4108/eai.24-8-2021.2315303>.
- [3] R. Coppola y M. Morisio, “Connected car: technologies, issues, future trends,” *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 49, n.º 3, pp. 1-36, 2016.
- [4] M. Maroto, E. Caño, P. González y D. Villegas, *Head-up Displays (HUD) in driving*, mar. de 2018. [En línea]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/1803.08383>.