



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**ASISTENTE INTELIGENTE DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA
PARA EVITAR OBSTÁCULOS Y COLISIONES**

AUTORES:

**BRICEÑO TAPIA, PABLO ANDRÉS
CACHUMBA SUQUILLO, SANTIAGO JOSUÉ**

**Dr. ANDALUZ, VÍCTOR, *DIRECTOR*
Ing. ERAZO, GERMÁN, *CODIRECTOR***



ICITS²⁰

February 5-7,
Bogotá, Colombia

THE 2020 INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY & SYSTEMS



Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información

Asistente Inteligente de Conducción Autónoma para Evitar Obstáculos y Colisiones

Santiago J. Cachumba ¹, Pablo A. Bricieño ², Víctor H. Andaluz ³, Germán Erazo ⁴,

sjcachumba@espe.edu.ec, pabriceno1@espe.edu.ec, vhandaluz1@espe.edu.ec,
wgerazo@espe.edu.ec

¹ Universidad de las Fuerzas Armadas Espe, 171103, Sangolquí, Ecuador.

DOI: 10.17013/risti.n.pi-pf

RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de...



Resumen: En este artículo se presenta la implementación de un asistente inteligente de conducción autónomo, con el fin de prevenir colisiones a causa de la desatención o impericia de los conductores. Para lograr lo requerido, se desarrolla un entorno gráfico en Unity 3D, en el que puede interactuar el usuario mediante los dispositivos hápticos con el vehículo. Para el vehículo se toma como referencia el modelo cinemático de un robot tipo car-like, modelado en Matlab, el cual le permite recrear el comportamiento de un vehículo real. La evasión de obstáculos se da cuando un objeto se encuentra en la trayectoria del vehículo y sobrepasa la distancia mínima de maniobra, en tal caso el controlador realiza la evasión, posiciona el vehículo dentro de la trayectoria original y le devuelve el control al conductor. Durante este proceso de evasión se tiene una retroalimentación de fuerza en el volante, que gira de acuerdo a la posición del obstáculo.

Palabras-clave: Asistente de conducción; Interacción humano-computadora; Prevención de colisión; Realidad Virtual, Unity 3D



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ICETC 2019

Amsterdam, Netherlands
October 28-31, 2019



ELSEVIER



Autonomous Driver Assistant for Collision Prevention

Santiago J. Cachumba, Pablo A. Briceño, Víctor H. Andaluz and Germán Erazo
Universidad de las Fuerzas Armadas - Espe, Sangolquí-Ecuador
{sjcachumba, pabriceno1, vhandaluz1, vgerazo}@espe.edu.ec

ABSTRACT

This article presents the research of the implementation of an autonomous driver assistant for collisions prevention into a virtual environment that allow the immersion of the user into the environment, the car is controlled with haptic devices and the scene can be seen in the virtual reality glasses, the autonomous assistant only works when an obstacle is detect, this assistant avoid the collision with the obstacle and then return the car into its path. The results are based on the tests per-formed verifying that the kinematic model and the law of path follow are implemented of the autonomous assistant allow to prove its function and the correct path following law ensuring the correct operation of the autonomous driving assistant.

CCS Concepts

- Human-centered computing → Haptic devices
- Human-centered computing → User interface management systems

Keywords

Driver's Assistant, Collision Prevention, Virtual reality, Unity 3D.



Figure 1. Mortality rate per country. [1]

In the Figure 1, can see that the republic of Ecuador there is a high average of traffic accidents compared to developed countries, performing a quantitative analysis, resulting in around 1058 deaths in 12460 accidents during 2018, however is important to say that year after year these numbers have been increasing for the last 4 years, the need for measures to reduce these numbers is evident, although an accident cannot be avoided however it can be prevented and also reduce the severity of these accidents.

Because of the number of traffic accidents registered over the years intelligent vehicle safety systems have been implemented. These systems are incorporated into sophisticated vehicles and according to the security systems that are implemented they take

DOI: <https://doi.org/10.1145/3369255.3369296SAM>



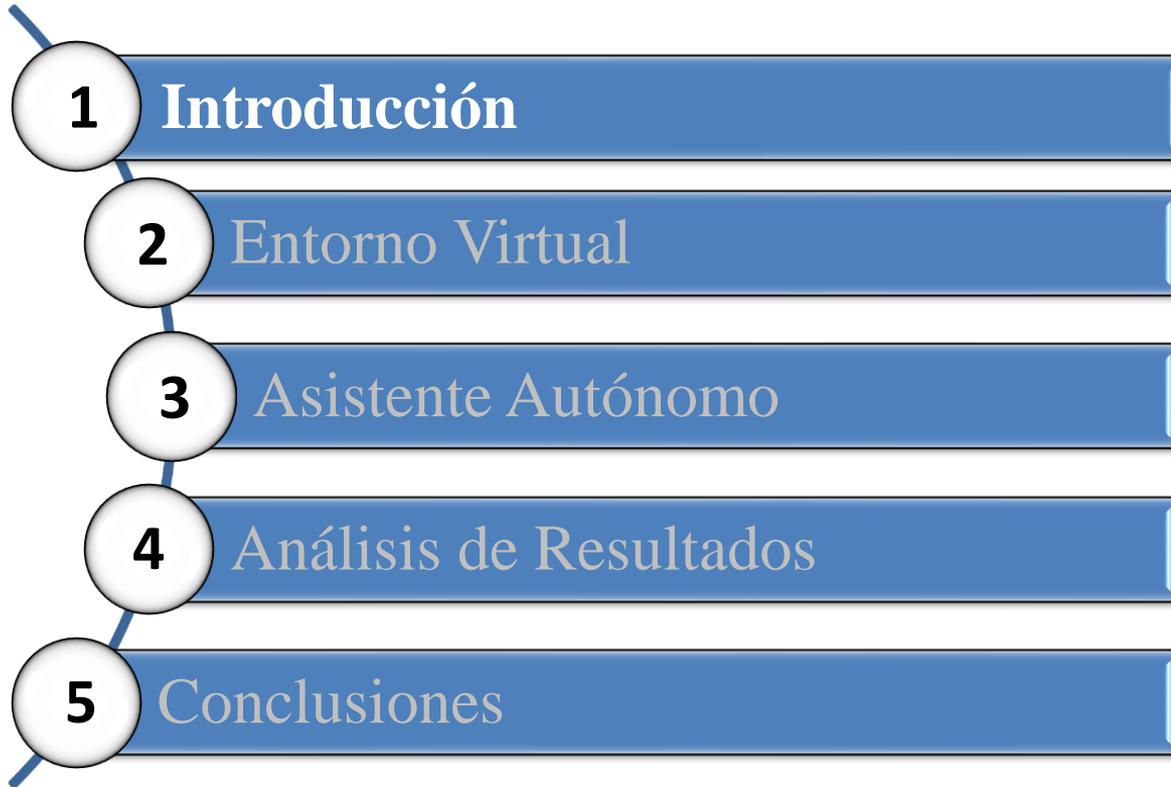
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

AGENDA

- 1 **Introducción**
- 2 **Entorno Virtual**
- 3 **Asistente Autónomo**
- 4 **Análisis de Resultados**
- 5 **Conclusiones**



ITINERARIO DEL DÍA



INTRODUCCIÓN

AVANCES TECNOLÓGICOS EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ



0
Sin
automatización



1
Asistente al
conductor



2
Automatización
Parcial



3
Automatización
Condicional



4
Alta
Automatización



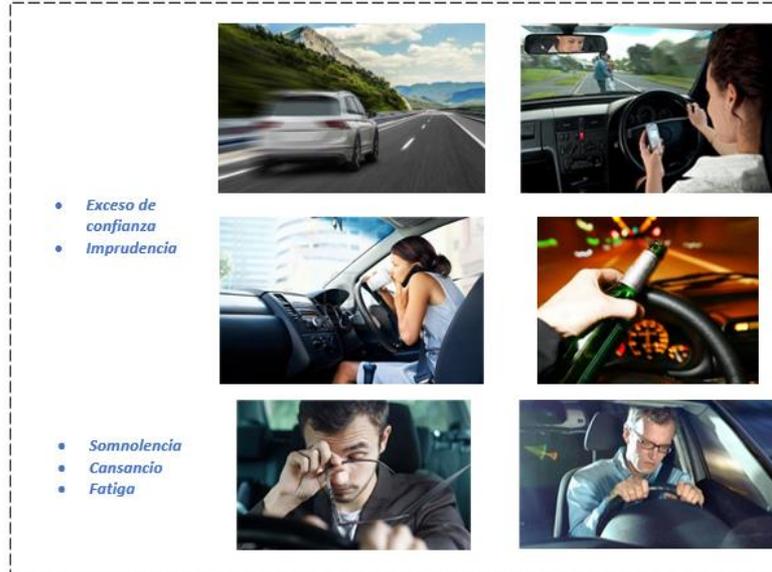
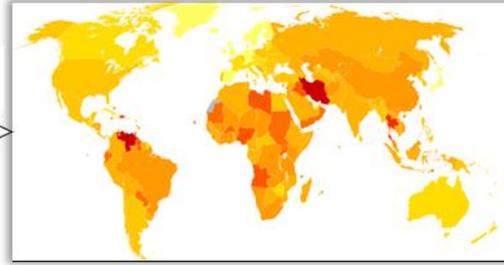
5
Automatización
completa



PROBLEMÁTICA



Accidentes de tránsito a nivel mundial



POSIBLES CAUSAS DE ACCIDENTES



Muertes por accidentes de tránsito en Ecuador

Ecuador

21.3

deaths per 100,000 people

Reported: 2,894		Estimated: 3,490		
5.2%	19.1%	1.8%	19.8%	54%
Law	Enforcement*			
Speed				7
Helmet				8
Seat-belt				8
Alcohol				7
Child restraint				5
Mobile phone	Ban on hand-held			

Auto más vendido en Ecuador



Chevrolet Spark GT - NO Airbags
Septiembre-2016

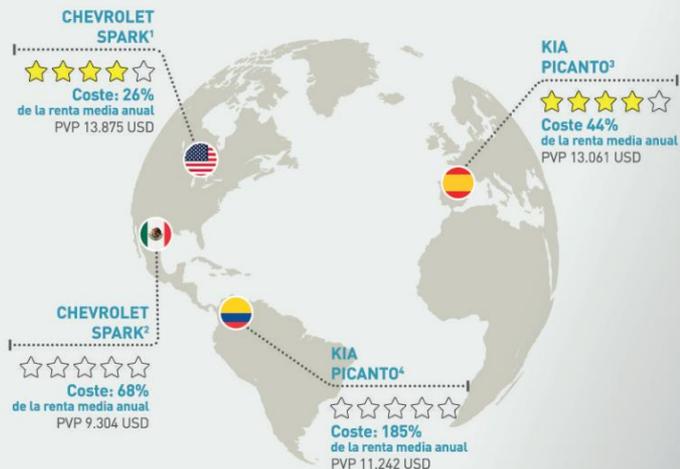
★★★★★
0.00 max. 34.00

★★★★★
8.78 max. 49.00





LOS LATINOAMERICANOS PAGAMOS MÁS POR AUTOS MENOS SEGUROS



LOS LATINOAMERICANOS HACEMOS UN ESFUERZO MUCHO MAYOR QUE LOS EUROPEOS Y ESTADOUNIDENSES PARA COMPRAR VEHÍCULOS QUE, ADEMÁS, NO CUMPLEN CON LOS EQUIPAMIENTOS MÍNIMOS DE SEGURIDAD RECOMENDADOS.

**TU SEGURIDAD NO ES UN EXTRA,
ES TU DERECHO.**

LA SEGURIDAD VEHICULAR **NO** ES CARA

CON TAN SOLO **\$350**¹ UN FABRICANTE PUEDE DOTAR UN VEHÍCULO CON LOS EQUIPAMIENTOS MÍNIMOS DE SEGURIDAD²



A LAS EMPRESAS FABRICANTES, LA SEGURIDAD LES CUESTA POCO,
TU VIDA VALE MUCHO MÁS.

**TU SEGURIDAD NO ES UNA MERCANCÍA,
TU VIDA NO ES UN NEGOCIO.**

#EXIJOAUTOSEGURO

LATIN NCAP



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

REGLAMENTO TÉCNICO DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD EN ECUADOR



ASOCIACIÓN DE EMPRESAS
AUTOMOTRICES DEL ECUADOR



Ministerio
de **Industrias**
y **Productividad**



SERVICIO
ECUATORIANO DE
NORMALIZACIÓN

Equipamiento de seguridad en los vehículos de Ecuador y la región

Requisitos adicionales 034 3R		ECUADOR	CHILE	ARGENTINA	PERU	COLOMBIA	BRASIL	MEXICO
	Dirección Asistida	●						
	Anclajes ISOFIX	●					●	
	Cinturones de seguridad de tres puntos	●	●				●	●
	Frenos ABS	●					●	
	Tacógrafo (buses y camiones)	●		●				
	Avisador visual y acústico de no uso del cinturón de seguridad	●	●					
	Control electrónico de estabilidad	● 2018		● 2018				
	Frenos de vehículos	●	●	●	●	●	●	●
	Frenos de vehículos pesados	●	●		●		●	
	Vidrios	●	●		●			
	Apoyacabezas en todos los asientos	●	●	●			●	
	Asientos y sus anclajes	●	●					
	Protección colisión frontal	●	●					
	Protección colisión lateral	●	●					
	Airbags	●	●	●			●	●
	Parachoque frontal y posterior	●	●	●	●	●	●	

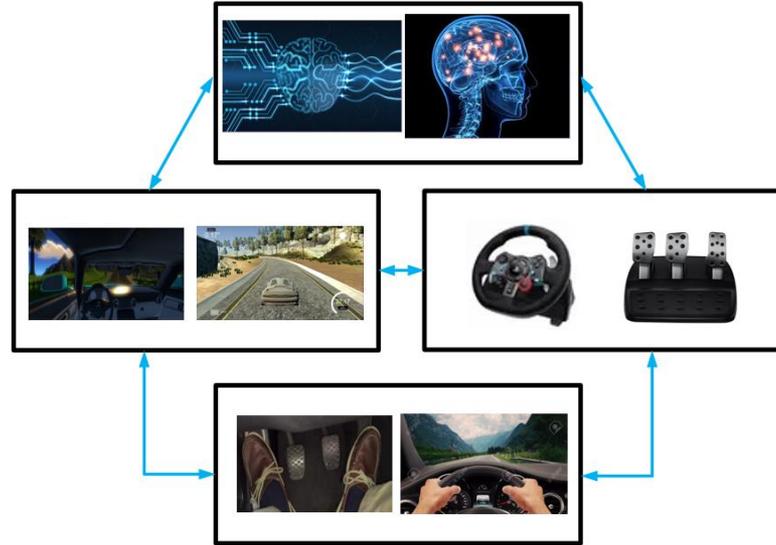
Fuentes: Argentina-Ministerio del Interior y Transporte: Seguridad Vial / Brasil: DENATRAN / México: Secretaría de Economía / Perú: Ministerio de Transporte y Comunicaciones / Colombia: MinComercio Industria y Turismo



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una **aplicación virtual 3D** para un **asistente de conducción autónomo** basado en las características y restricciones de movimiento de un **automóvil**, con el fin de **prevenir colisiones**.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Implementar un **ambiente de simulación virtual 3D** para el manejo de un automóvil, a fin de obtener datos de **velocidad y posición** para ser aplicados a un control de **asistencia de frenado y evasión de obstáculos**.

Modelar las **características y restricciones** de movimiento de un automóvil con el propósito de **proponer algoritmos de control avanzado** para la asistencia del conductor.

Proponer un **algoritmo inteligente** para el **reconocimiento de riesgos de colisión** a fin de generar comandos de maniobrabilidad para la evasión de obstáculos fijos.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

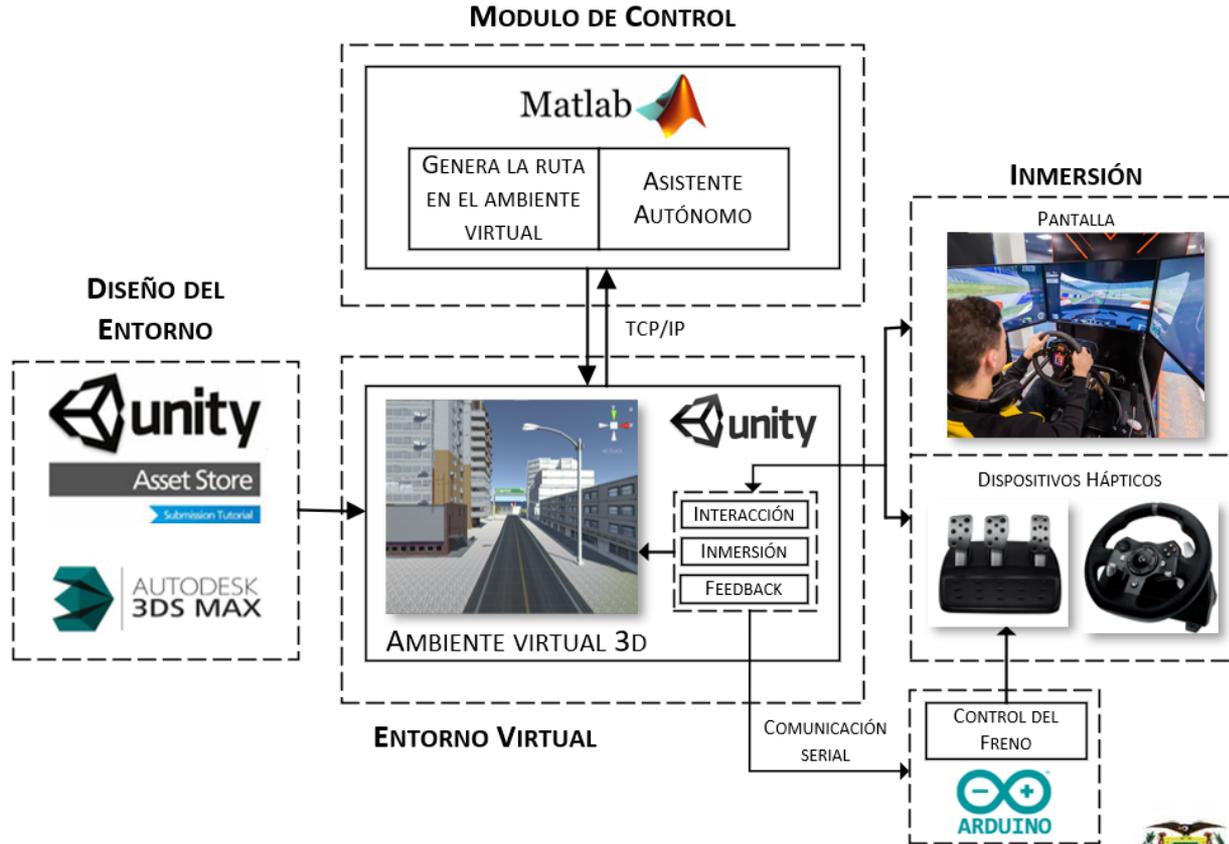
Desarrollar un **algoritmo de control avanzado** para el seguimiento de **caminos** a fin de asistir al conductor ante el riesgo de colisión.

Simular el funcionamiento del asistente de conducción a través de animaciones en el motor gráfico Unity3D y de **la implementación del control adecuado** en el software de desarrollo Matlab para obtener un **mayor realismo** en el entorno virtual.

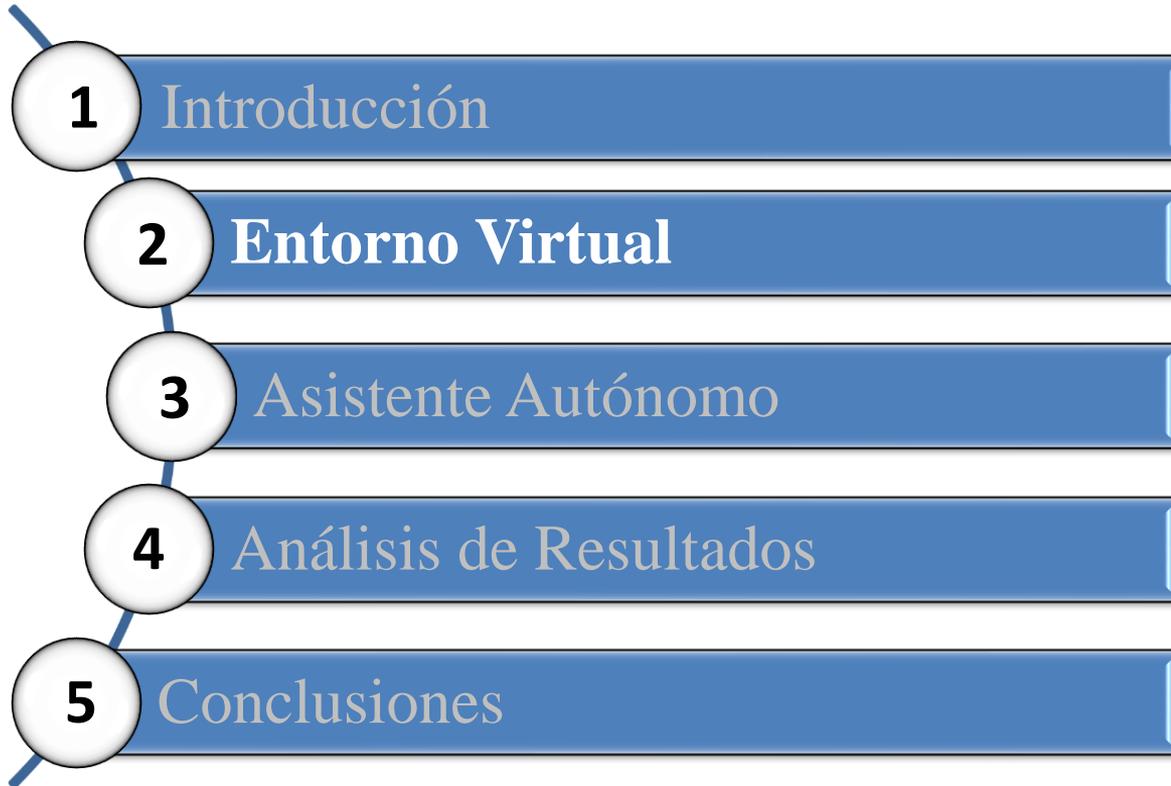
Evaluar el desempeño del algoritmo de control propuesto mediante pruebas en el software de simulación 3D del manejo vehicular con el propósito de realizar correcciones y mejoras del mismo.



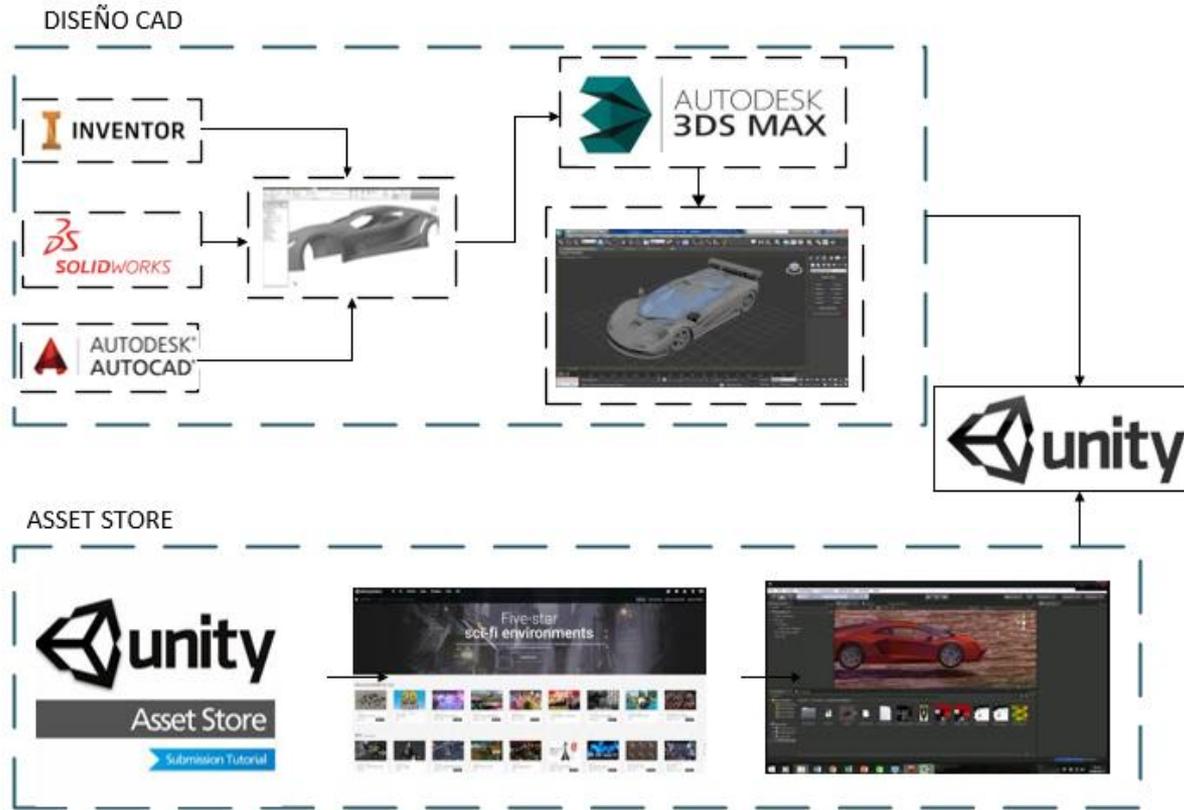
ARQUITECTURA DEL SISTEMA VIRTUAL



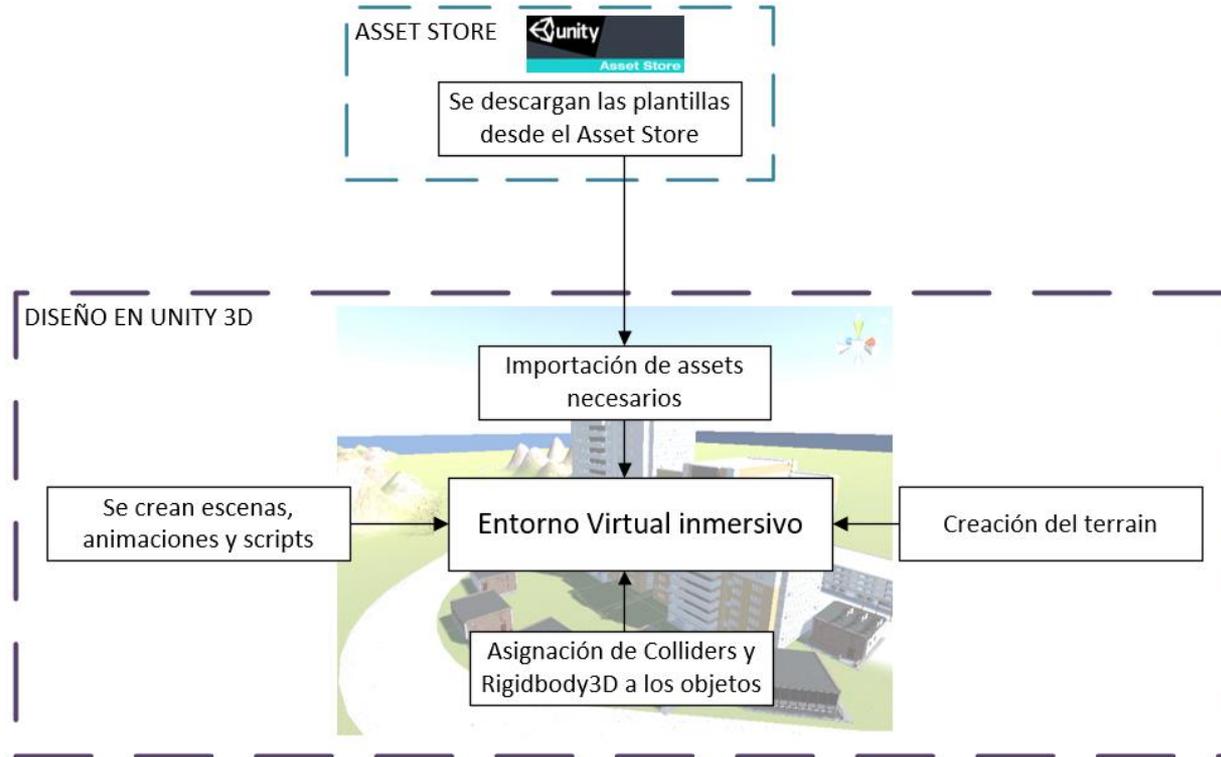
ITINERARIO DEL DÍA



CREACIÓN DEL ENTORNO VIRTUAL



ENTORNO UNITY 3D



ENTORNO 3D

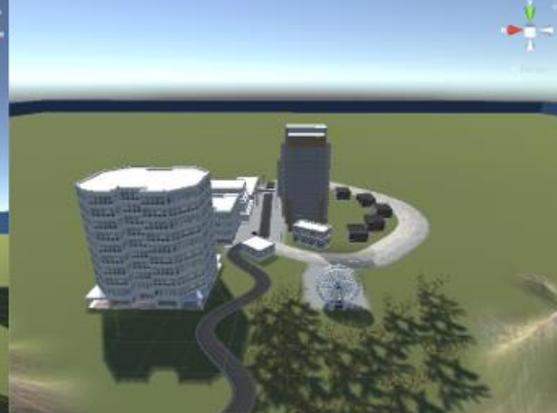
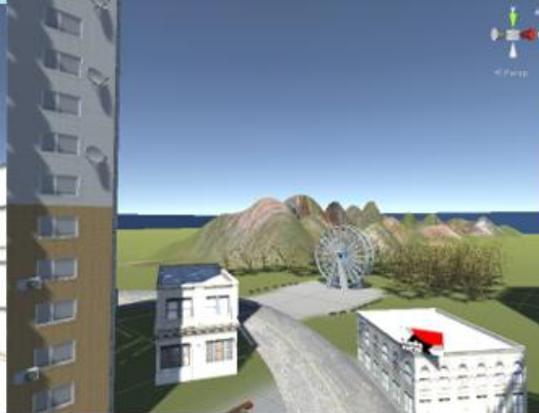
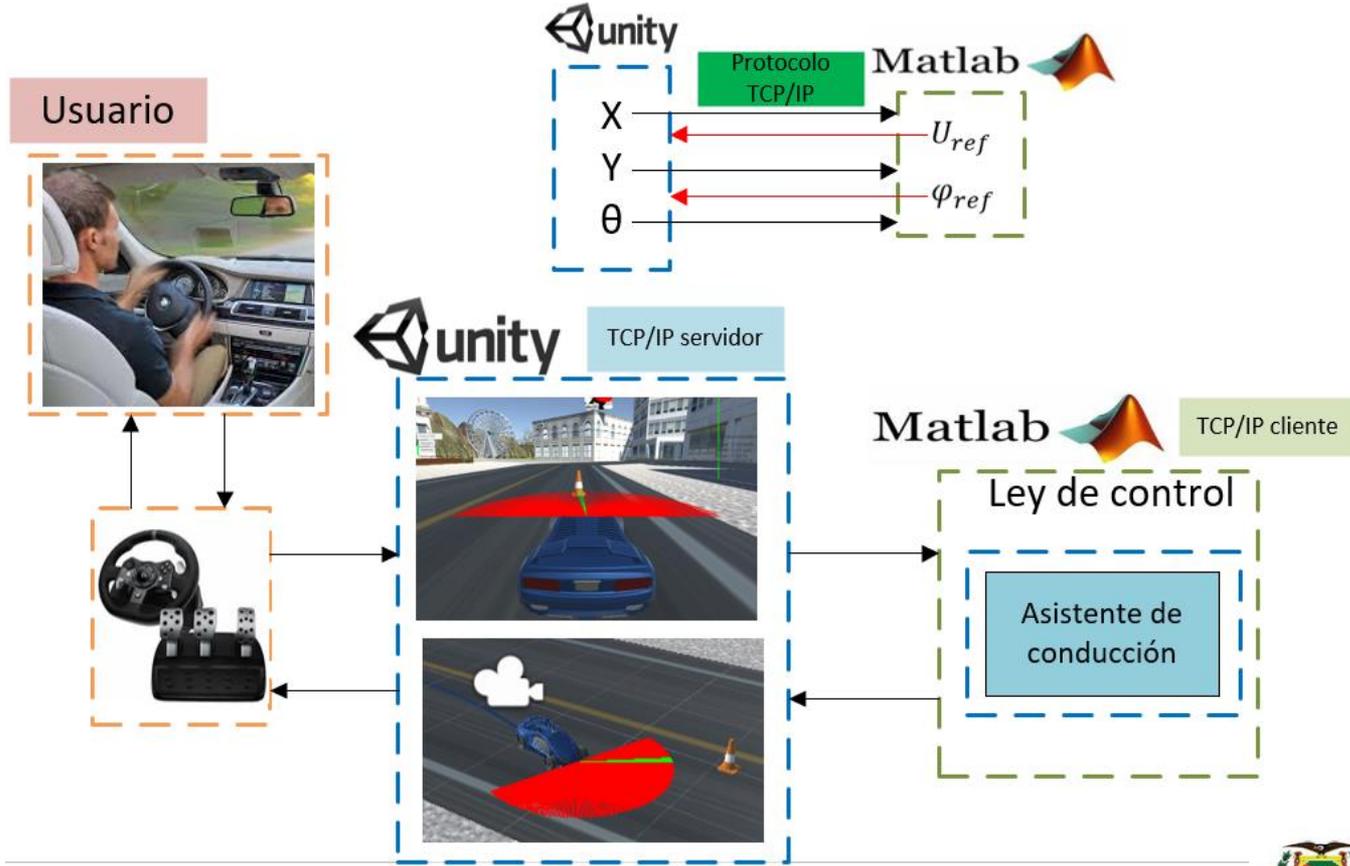
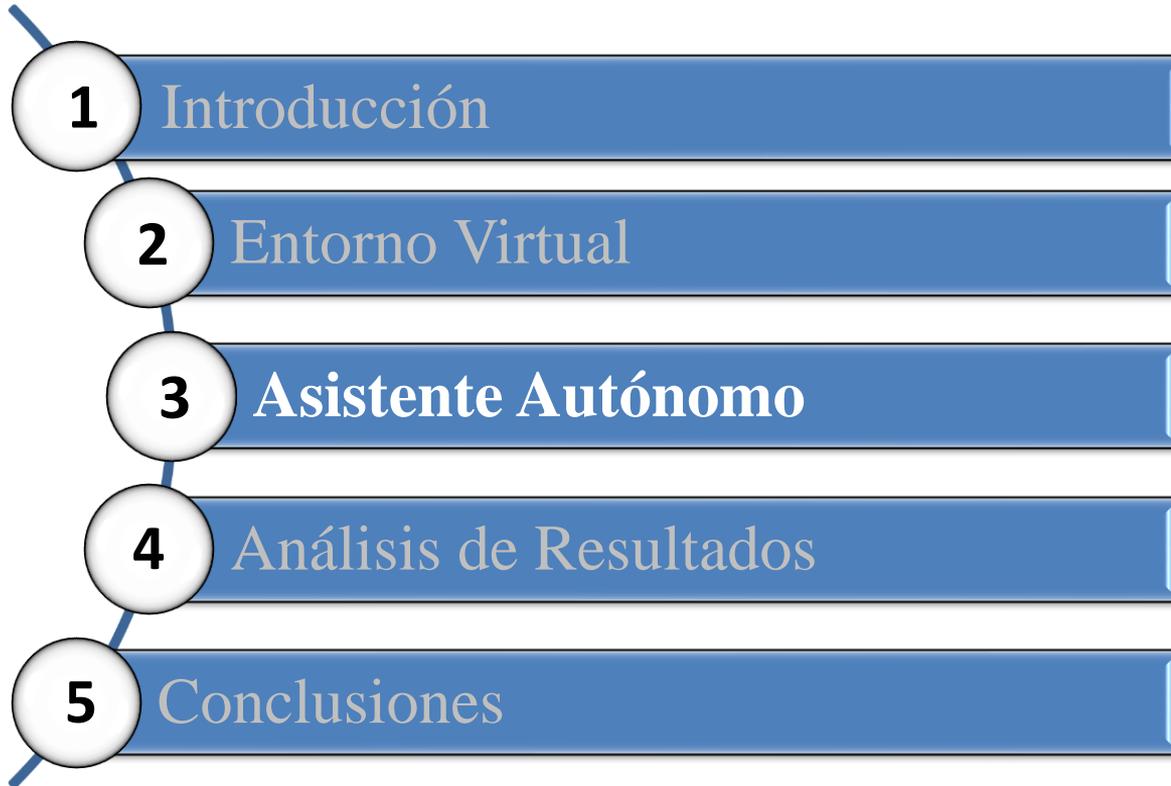


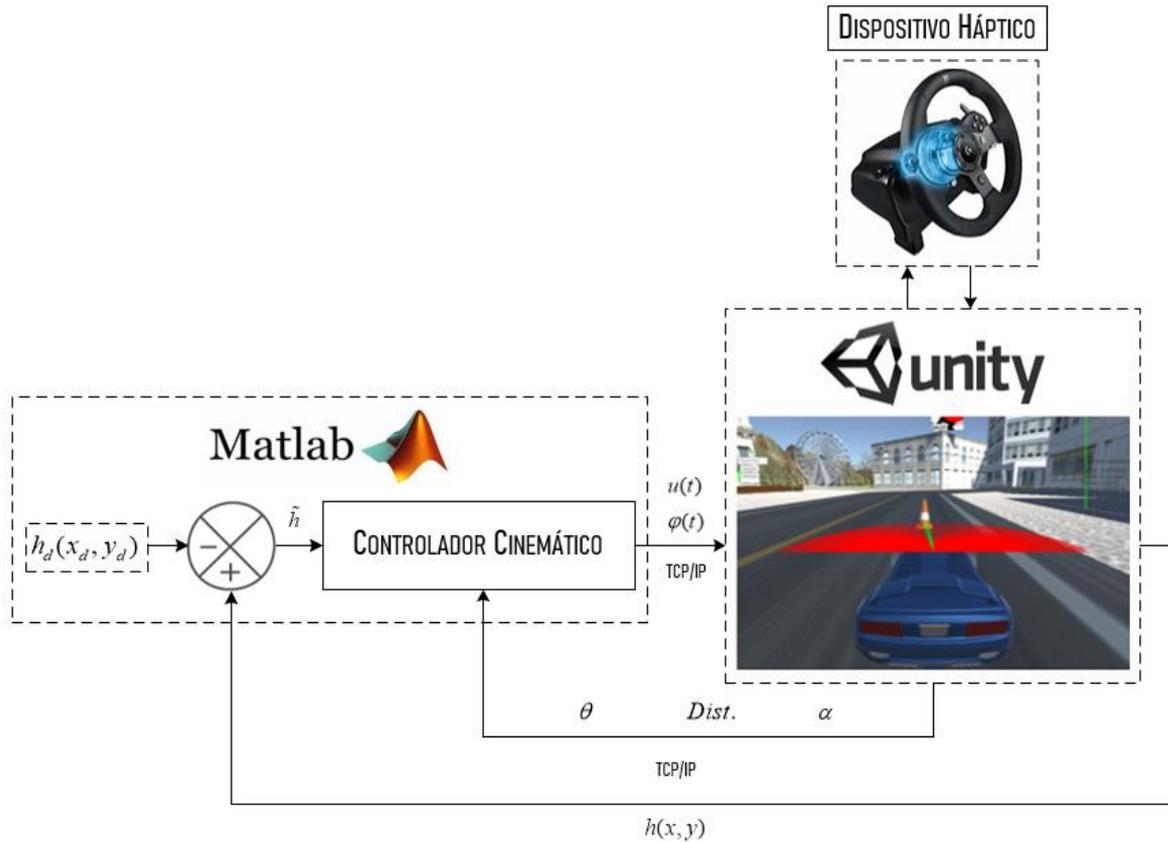
DIAGRAMA DE INTERACCIÓN DEL ENTORNO CON EL CONTROLADOR



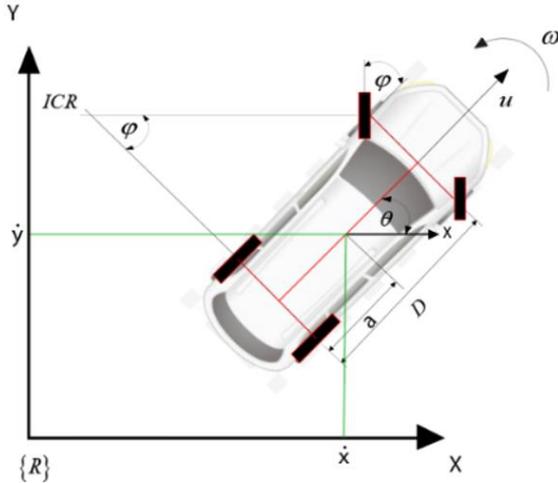
ITINERARIO DEL DÍA



ESQUEMA DE CONTROL



MODELO CINEMÁTICO

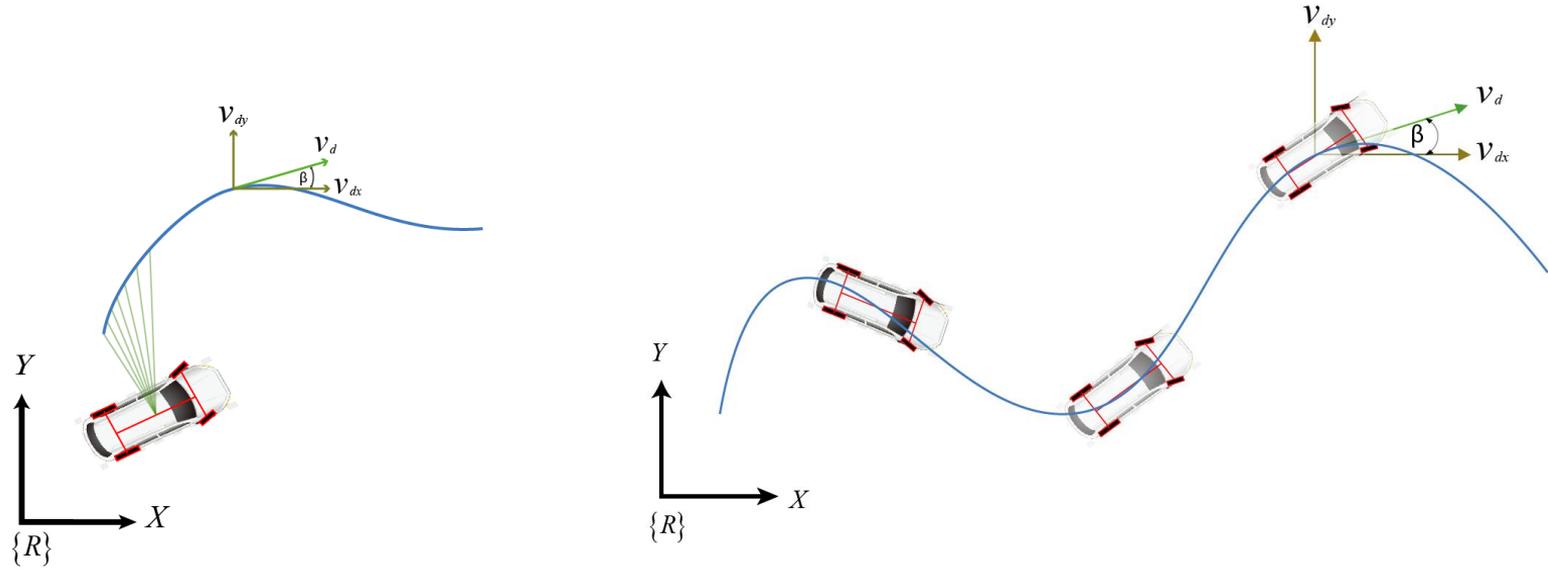


$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -a \sin(\theta) \\ \sin(\theta) & a \cos(\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ \omega \end{bmatrix}$$

$$\dot{\theta} = \omega = \frac{u}{D} \tan(\phi)$$

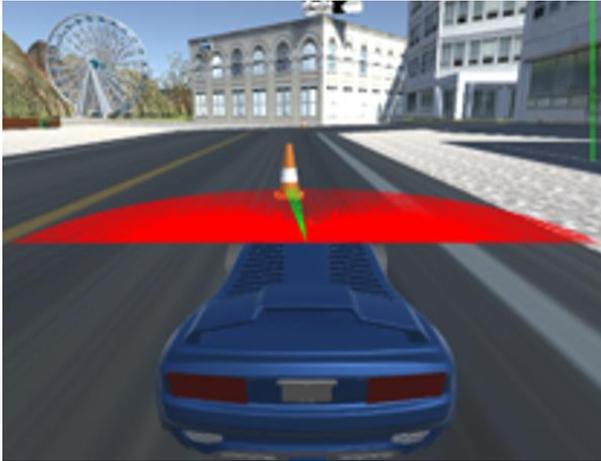
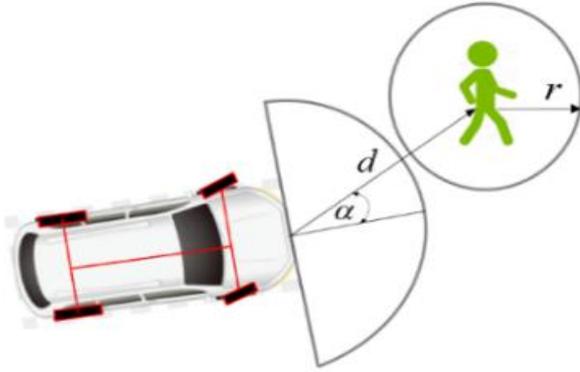


LEY DE SEGUIMIENTO DE CAMINO



$$\mathbf{v}_{ref} = \mathbf{J}^{-1} \left[\mathbf{V}_d + K \tanh(\tilde{\mathbf{h}}) \right] \quad \mathbf{V}_d = \begin{bmatrix} v_{dx} = v_d \cos(\beta) \\ v_{dy} = v_d \sin(\beta) \end{bmatrix}$$

DETECCIÓN DEL OBSTÁCULO

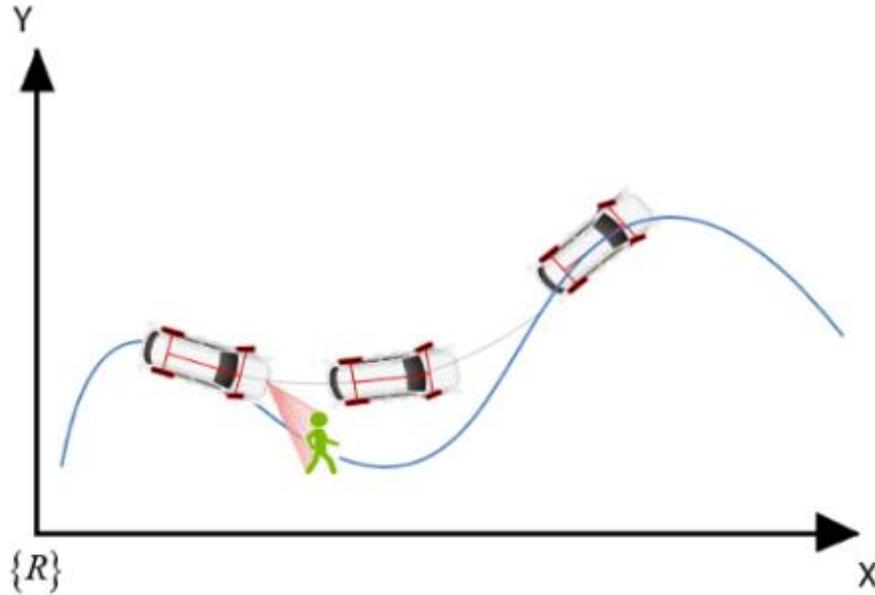


$$V_{obs} = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_{obs} \\ \omega_{obs} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{u}_{obs} = \mathbf{Z}^{-1} \left(K_{u_{obs}} (r - d) \left(\frac{\pi}{2} - |\alpha| \right) \right)$$

$$\omega_{obs} = \mathbf{Z}^{-1} \left(K_{\omega_{obs}} (r - d) \text{sign}(\alpha) \left(\frac{\pi}{2} - |\alpha| \right) \right)$$

LEY DE SEGUIMIENTO DE CAMINO CON EVASIÓN DE OBSTÁCULOS



$$v_{ref} = J^{-1} \left[V_d + K \tanh(\tilde{h}) \right] + V_{obs}$$



CONTROL DE LA RETROALIMENTACIÓN AL VOLANTE

Dual-motor force feedback system & anti-backlash helical gearing provides exceptionally smooth, quiet steering action for maximum control.



```
int fuerza = Mathf.RoundToInt(dato.valorDistancia);  
  
if (retro == false)  
{  
    LogitechGSDK.LogiPlaySpringForce(0, giro1, -20 * fuerza + 100, -20 * fuerza + 100);  
}  
else  
{  
    LogitechGSDK.LogiPlaySpringForce(0, 0, 20, 20);  
}
```

DISTANCIA	FUERZA	SPRINGFORCE
6	6	-20
5	5	0
4	4	20
3	3	40
2	2	60
1	1	80



MECANISMO DEL SISTEMA DE RETROALIMENTACIÓN DEL FRENO

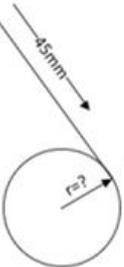
45 mm



$S = \pi \cdot r$

$$r = \frac{S}{\pi} = \frac{45 \text{ mm}}{\pi} = 14.32 \text{ mm}$$

$14.32 \text{ mm} \approx 15 \text{ mm}$



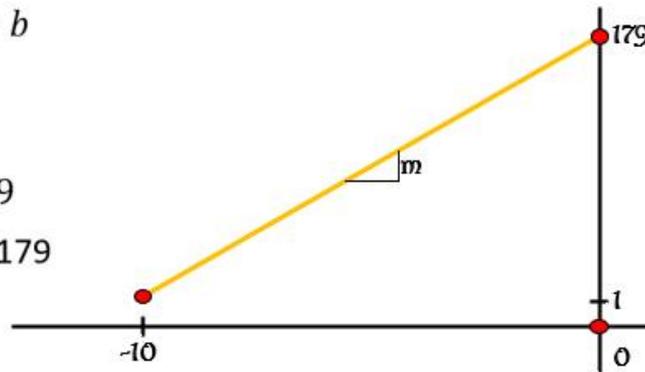
CONTROL DE LA RETROALIMENTACIÓN AL FRENO

$$fr = m * errorVelocidad + b$$

$$m = \frac{179 - 1}{0 - (-10)} = 17.8$$

$$b = 1 - (17.8 * -10) = 179$$

$$fr = 17.8 * errorVelocidad + 179$$



μ_{ref}

$velocidad_{real}$

```
errorVelocidad = datoIn1 - avance;
CV = Kv * errorVelocidad;
if (errorVelocidad < 0)
{
    fr = Mathf.RoundToInt(17.8f * CV + 179 + (5 - dato.valorDistancia));
}
else
{
    fr = 179;
}
```



ITINERARIO DEL DÍA

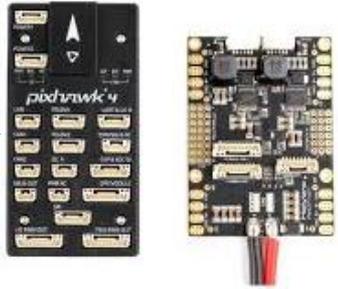


Implementación en un vehículo real

FORMAS DE DETECCIÓN



Conexión



Programación



Comunicación



Envío de señales



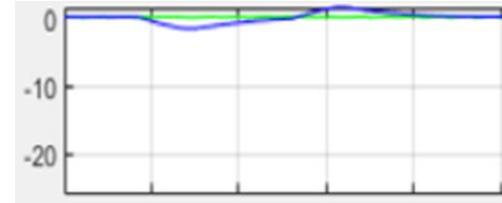
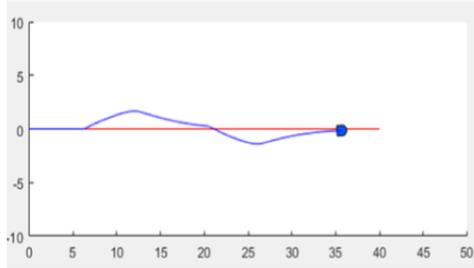
Unidad de control para la dirección

Ejecución

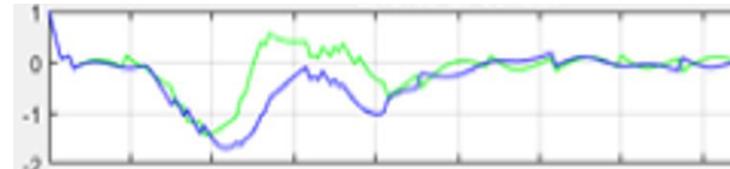
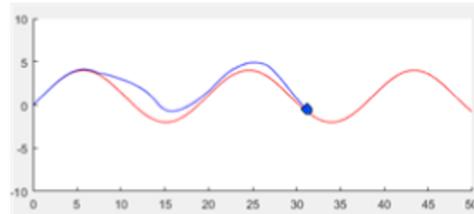


GRÁFICAS DE ERRORES

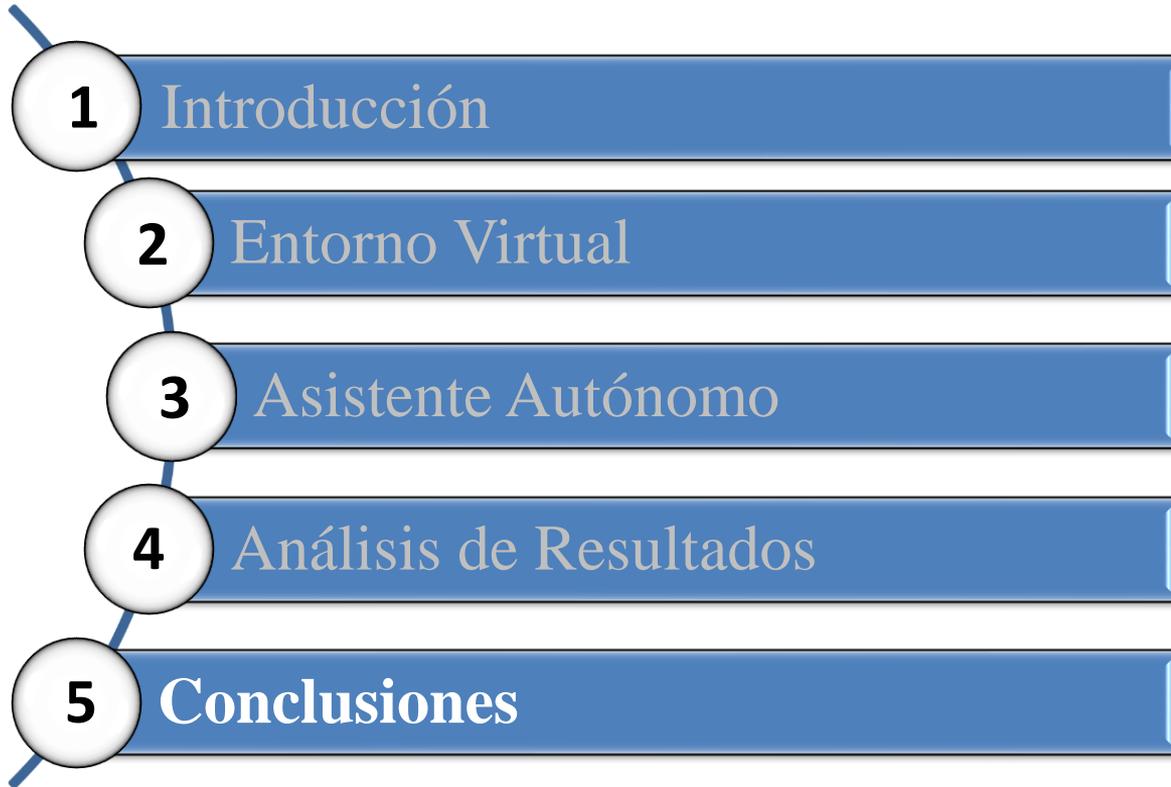
TRAMO RECTO



TRAMO SINUSOIDAL



ITINERARIO DEL DÍA



CONCLUSIONES

Se implementó el ambiente de simulación virtual 3D para el manejo de un automóvil, obteniendo datos de velocidad y posición, los que fueron aplicados para el asistente de control de frenado y evasión de obstáculos.

Se modeló las características y restricciones de movimiento de un automóvil y a partir de este modelo se propuso un control del mismo a través de una ley de seguimiento de camino.

El algoritmo de reconocimiento de objetos de colisión propuesto utiliza un sensor tipo RayCast que permite evaluar la dimensión del objeto y analizar la mejor forma de maniobrar para evitar colisionar con el mismo.

CONCLUSIONES

A través del software Matlab se logro establecer la ruta predeterminada por la cual el vehículo debe conducirse, si existe un obstáculo en esta ruta y el conductor no realiza ninguna acción para evadir el obstáculo, el asistente toma el control del vehículo, evade el obstáculo y devuelve el control al usuario.

Se pudo evaluar el desempeño del asistente en diferentes condiciones de rutas y obstáculos a lo largo del desarrollo de la aplicación dando óptimos resultados y brindando mayor seguridad al momento de conducir el vehículo





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**ASISTENTE INTELIGENTE DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA
PARA EVITAR OBSTÁCULOS Y COLISIONES**

AUTORES:

BRICEÑO TAPIA, PABLO ANDRÉS
CACHUMBA SUQUILLO, SANTIAGO JOSUÉ

Dr. ANDALUZ, VÍCTOR, *DIRECTOR*
Ing. ERAZO, GERMÁN, *CODIRECTOR*

