%Conclusiones, Recomendaciones y Trabajos Futuros

\chapter{Conclusiones}

\thispagestyle{empty}

\section{Conclusiones}

En los capítulos anteriores se presenta el trabajo de pasantías. Un estado del arte en el marco de los sistemas inteligentes de transporte es presentado en el capítulo 3. En este se plantean las bases teóricas del presente trabajo, así como trabajos recientes relacionados con la robótica móvil, la conducción autónoma de vehículos y los sistemas cibernéticos de transporte. Los grupos de investigación más importantes dentro de este campo a nivel mundial son brevemente descritos.\\

El capítulo 4 presenta la arquitectura de control desarrollada durante el trabajo de pasantías. Esta comprende 6 etapas principales: adquisición, percepción, comunicación, decisión, control y actuación. Dentro de ellas, la mayor atención se centra en las etapas de decisión y control, siendo la modularidad del sistema una de las líneas principales de diseño.\\

El mayor aporte de la arquitectura es el generador dinámico de trayectoria. Esta característica permite el manejo de situaciones imprevistas de la conducción, gracias a poseer la capacidad de realizar un procesamiento dinámico de la trayectoria generada. Su núcleo es la curva de Bézier, la cual se utiliza para hacer frente a dos problemas específicos en entornos urbanos: Intersecciones y redomas.\\

El capítulo 5 presenta las plataformas experimentales. En él se detalla el simulador \textit{Pro-SiVIC$^{TM}$}, el cual es capaz de recrear entornos urbanos, facilitando así información importante en cuanto a problemas comunes en la conducción autónoma. Dentro de los \textit{Cybercars}, el \textit{Cycab} fue la plataforma experimental real utilizada en el trabajo de pasantías. Este posee una gran cantidad de sensores y características, las cuales son detalladas en dicho capítulo.\\

Dos plataformas de desarrollo de algoritmos son también presentadas: \textit{RTMaps$^{TM}$} y \textit{Visual Studio}. La primera es un ambiente multitarea, multivariable, el cual permite la interacción de diferentes módulos y su implementación en aplicaciones embebidas. La segunda es un ambiente de desarrollo de algoritmos orientados a objetos, capaz de crear módulos de múltiples entradas y múltiples salidas, para el control de sistemas multivariables.\\

En el capítulo 6 se muestran los resultados experimentales del trabajo de pasantías. En ellos se presenta la generación dinámica de trayectoria a través de distintos entornos urbanos, en específico, intersecciones, redomas y cambios de carril dentro de estas últimas. \\

El análisis de la curvatura permite una mejora en términos del control lateral. Debido a la generación de trayectorias en los planificadores, el ruido del mapa es eliminado y la curvatura puede ser utilizada como variable de control, permitiendo además la generación de trayectorias suaves y seguras.\\

Una generación de trayectoria suave y segura para redomas, basada en curvas paramétricas es presentada y validada, evidenciando sus tres fases: entrada, medio y salida. Además, la validez de un algoritmo para la generación de trayectoria en intersecciones es comprobada. En esta, el vehículo es capaz de realizar la planificación y el seguimiento de trayectoria, logrando un recorrido suave y seguro.\\

Por último, se presenta una maniobra de cambio de carril dentro de una redoma, donde se comparan trabajos previos con la solución presentada en el trabajo de pasantías. Esta última se basa en las curvas de Bézier para realizar un cambio de carril seguro. La dinamicidad de la arquitectura es presentada y validada en los cambios de carril. Esto demuestra que las bases para un manejo dinámico de situaciones imprevistas en la conducción, han sido sentadas y validadas.\\

\section{Trabajos Futuros}

En trabajos futuros, la completa operatividad de la arquitectura de control es el objetivo. La utilización de comunicaciones Vehículo-a-Vehículo y Vehículo-a-Infraestructura será implementada en futuros experimentos, con ánimo de intercambiar información útil entre distintos dispositivos.\\

La localización del punto de control adelantado es importante al momento de considerar la velocidad actual del vehículo. Un análisis importante en trabajos futuros será la ubicación de este punto con respecto a la velocidad que posee el vehículo.\\

El control longitudinal puede ser mejorado con la implementación de técnicas de control proporcional-integral-derivativo (PID, del inglés: Proportional-Integral-Derivative controller), control borroso, entre otras. Además, un análisis de la aceleración lateral en segmentos curvos, para entornos urbanos, es considerado para determinar velocidades que eviten incomodidad en el traslado de los pasajeros.