
CONCLUSIÓN

A lo largo del presente texto se ha intentado transmitir la esencia del trabajo realizado durante la totalidad del Proyecto de Fin de Carrera. En lo que respecta estrictamente a los objetivos trazados se lograron cumplir varios de los mismos, sin embargo el proyecto resultó ambicioso en cuanto al alcance planteado inicialmente en función de la poca experiencia del grupo en la gran mayoría de los desafíos que se encontraron. El proyecto en el que se trabajó comprende una gran variedad de áreas como la electrónica y el procesamiento de señales, pero el mismo es claramente un proyecto que se puede definir como un proyecto de control. Paradójicamente los problemas específicos sobre el diseño en sí del controlador, así como el modelado del sistema no fueron las áreas en las que se encontraron mayores dificultades. Esto se debe fundamentalmente a la experiencia ya adquirida a lo largo de la formación que hemos tenido a lo largo de la carrera. Previo al comienzo del proyecto, las dificultades de pasar de la teoría y de las simulaciones al sistema real eran inimaginables. Esta fue probablemente la mayor dificultad frente a la cual nos enfrentamos diariamente a lo largo de este trabajo.

A pesar de las dificultades planteadas y de no lograr cumplir todos los objetivos trazados inicialmente se desprenden diversas valoraciones positivas en cuanto a las enseñanzas del proyecto tanto en lo académico como en lo que refiere a la dinámica del trabajo en grupo.

En lo que respecta al alcance del proyecto algunos de los puntos planteados fueron logrados con éxito, en particular se modeló y se implementaron dos plataformas idénticas que le permiten al departamento de Sistemas y Control del instituto de Ingeniería eléctrica de la Facultad de Ingeniería contar con nuevos elementos para continuar a desarrollar técnicas de control orientadas a la navegación no tripulada, ya sea en líneas de investigación independientes o en futuros Proyectos de Fin de Carrera o posgrados. El sistema integrado permite, con algunas salvedades, la puesta a prueba de las técnicas a desarrollar en un ambiente de laboratorio.

Además del modelado del sistema se desarrolló la teoría que permite trabajar con algunos tipos de trayectorias como rectas, círculos y equilibrio logrando simulaciones que arrojan resultados muy satisfactorios. Lamentablemente, por falta de tiempo estas trayectorias no pudieron ser testeadas en la práctica completamente,

la única prueba que se realizó fue la de lograr el *hovering*. Logrando resultados satisfactorios.

Gran parte del trabajo realizado consistió en comprender la forma en que se debía actuar sobre los motores, dado que esta información no se encontraba disponible y en comprender como lograr una adecuada medida de las variables de estado en función de los sensores de los que se disponía. La falta de experiencia llevó además a no realizar las compras adecuadas en una primera instancia, teniendo así demoras a lo largo del proyecto y duplicación del trabajo (a modo de ejemplo se puede indicar que se trabajó con dos IMU diferentes, ambas fueron calibradas). Entre los objetivos que no pudieron realizarse se encuentra la implementación del generador de rutas. De todas formas, este elemento no resulta fundamental en lo que respecta al vuelo del cuadricóptero ya que las restricciones físicas del sistema son muy pocas a diferencia por ejemplo de un avión, el cual no puede realizar giros sin que estos tengan un radio mínimo.

Como se adelantó en la introducción a este texto no era un objetivo lograr un producto final ni definitivo, sino que se trataba de integrar una plataforma que permita continuar la investigación en temáticas relacionados con la navegación. En particular a partir de este momento se abren diversas líneas de investigación en lo que refiere por ejemplo a la estimación del estado. La principal línea a explorar es la inclusión de cámaras ya sea en el cuadricóptero¹ o en la zona de prueba a fin de evitar el problema de la falta de GPS en ambientes cerrados. Otra línea de trabajo posible en lo que refiere a la estimación del estado consiste en explorar en profundidad la forma de reducir los errores aportados por los sensores de forma de lograr mejores estimaciones de algunas variables (en particular las velocidades y posiciones horizontales).

A lo largo del presente proyecto se observaron en diversas oportunidades deficiencias en el control de los motores. En particular es interesante señalar la variación de la velocidad que los mismos presentan en función de la batería disponible. Un controlador más robusto puede ser implementado eliminando una fuente de error de modelado del sistema. Asimismo, para algunas aplicaciones puede ser interesante contar con motores que puedan girar tanto en sentido horario como anti-horario.

Finalmente se puede nombrar una línea de trabajo orientada a la creación de rutas óptimas y el desarrollo de algoritmos de control más sofisticados que involucren técnicas de control no lineales de forma de abrir el abanico de las trayectorias realizables. A modo de ejemplo a lo largo de este proyecto trabajamos con giros respecto del eje vertical, sin embargo algunas maniobras requieren giros respecto de otros ejes, las técnicas desarrolladas en este proyecto limitan estas posibilidades.

El trabajo realizado a lo largo del Proyecto de Fin de Carrera nos permitió enfrentarnos a un problema de ingeniería real y suficientemente complejo de el cual se obtienen enseñanzas más allá del plano académico y fundamentalmente agregó un familiar más a las vidas de cada uno de nosotros: nos dió un tío.

“La potencia sin control no sirve de nada” - William Bridgestone

¹Parte de esta línea fue investigada por un integrante del grupo de proyecto. (Ver anexo ??)