Capítulo I – Planteamiento del problema

En tiempos recientes, con el desarrollo de las telecomunicaciones y la microelectrónica, existe una tendencia hacia el desarrollo de vehículos aéreos no tripulados, ya sea manejados a distancia o autónomos. En particular, se ha dado especial atención al desarrollo de multi-rotores, ya que estos brindan una gran maniobrabilidad y precisión durante el vuelo, características muy útiles para tareas de reconocimiento, vigilancia y exploración. Entre los multi-rotores, sobre el que se ha mayor interés en la actualidad, y sobre el cual se trabajará en el siguiente Trabajo Especial de Grado, es el cuadricóptero: un multi-rotor propulsado por cuatro motores posicionados en forma de cruz.

Muchas ideas sobre desarrollo de cuadricópteros vienen de épocas anteriores al descubrimiento del transistor, y sólo han podido llevarse a cabo en tiempos recientes, debido al avance de los microprocesadores y las baterías químicas. En principio sólo organizaciones militares y de investigación podían participar en el desarrollo de los cuadricópteros, por el alto costo de la microelectrónica en sus primeros años. Pero con el paso del tiempo, el desarrollo de cuadricópteros se ha convertido en un proyecto asequible entre aficionados a la electrónica e investigadores su construcción y estudio, ya que estos pueden acudir a un mercado muy competitivo de piezas y componentes de construcción de estos vehículos, y existe una gran cantidad de información relacionada en la Internet. Incluso, hay importantes proyectos de larga difusión, como el caso de Arduino o Raspberry Pi, que pueden brindar al usuario común la oportunidad de aproximarse al desarrollo de cuadricópteros facilitando el diseño y construcción de circuitos electrónicos, y la programación de los mismos.

Para usuarios novatos y con el prospecto de realizar proyectos de bajo coste, se han desarrollado trabajos como **[Nadales 2009]** y **[Burkamshaw 2010],** que han planteado el uso de diversas plataformas de hardware y software para la construcción de cuadricópteros de bajo coste. Pero, no se ha logrado la estandarización de un sistema de control de estabilidad que pueda adaptarse a las características de la plataforma en la que se desenvuelve, sin que el usuario tenga que realizar un modelado exhaustivo del comportamiento físico del cuadricóptero con el fin de simular y ajustar los parámetros de los sistemas de control del mismo. Adicionalmente, para llevar a los cuadricópteros a obtener un comportamiento análogo al de los modelos físicos y simulaciones exhaustivas, se ha requerido de la utilización de sensores que midan el funcionamiento individual de sus motores, y del diseño e implementación de algoritmos de control que regulen su funcionamiento para obtener una respuesta homogénea a los comandos de control.

Se propone desarrollar un algoritmo basado en redes neuronales artificiales para simplificar la tarea de estabilización de un cuadricóptero, evitando el desarrollo de un lazo de control de velocidad para cada motor. Esto se realizará mediante la aproximación de las características de funcionamiento de cada uno de sus motores, con el fin de predecir su comportamiento, y mejorar la respuesta de los actuadores de la plataforma a las salidas de los lazos de control de posición angular y altura.

# Objetivo General:

Diseñar e implementar una red neuronal artificial que permita estabilizar un cuadricóptero desarrollado sobre la plataforma Arduino.

# Objetivos Específicos:

* Diseñar e implementar un cuadricóptero con una unidad de control basada en Arduino.
* Diseñar e implementar una interfaz de comunicación inalámbrica entre el cuadricóptero y una computadora para tareas de encendido, apagado, movimientos simples en tres dimensiones y recopilación de información de los sensores del cuadricóptero.
* Evaluar los distintos tipos de redes neuronales artificiales en función de su capacidad de convergencia, estabilidad y memoria asociativa.
* Evaluar los distintos tipos de algoritmos de entrenamiento que se utilizarán en la red neuronal artificial seleccionada.
* Diseñar e implementar la red neuronal artificial que permita la estabilización del cuadricóptero.
* Diseñar e implementar una plataforma de pruebas en tiempo real.

# Alcance

El siguiente Trabajo Especial de Grado tiene como alcance el desarrollo de un algoritmo de estabilización de un cuadricóptero basado en redes neuronales artificiales. El cuadricóptero en cuestión poseerá una unidad de control basada en la plataforma Arduino, y, para objeto de pruebas, podrá establecer comunicación con un agente externo que permitirá realizar las siguientes acciones:

* Encendido y apagado del cuadricóptero de forma remota.
* Control remoto de los movimientos del cuadricóptero desde la computadora. Se implementarán una serie de comandos de control los cuales permitirán mover el cuadricóptero hacia arriba, abajo, adelante, atrás, izquierda, y derecha; sin poder combinar entre sí estos movimientos.
* Obtención de los datos de los sensores para evaluar la eficiencia del algoritmo y la estabilidad del robot.

# Limitaciones

- La plataforma a utilizar para el manejo del cuadricóptero será un microcontrolador Arduino Nano 3.0, que trabaja a una frecuencia máxima de 16MHz.

- La red neuronal artificial se desarrollará sobre el lenguaje de programación Processing.

- El sistema usará una batería de 1350mAh que servirá para alimentar a los motores, y durará entre 10 y 15 minutos de uso continuo.

- El sensor de ultrasonido HC-SR04 que se utilizará para medir la distancia respecto al suelo tendrá un rango máximo de cuatro metros, por lo cual, al realizar el despegue de forma autónoma, sólo se podría alcanzar dicha distancia máxima. No recomendamos alcanzarla, es muy experimental el proyecto como para llevarlo a una altura de 4m.

- El cuadricóptero durante el vuelo no podrá detectar objetos a su alrededor ni evadirlos, por lo cual el ambiente de pruebas debe estar totalmente despejado.

- Sólo se programará al cuadricóptero para realizar seis movimientos simples guiados por el usuario: adelante, atrás, izquierda, derecha, ascenso y descenso.

- Las pruebas en tiempo real serán realizadas en un ambiente a puerta cerrada.

# Justificación

La realización de este Trabajo Especial de Grado se debe a que en la actualidad existe una gran demanda en el área de desarrollo de vehículos aéreos no tripulados, tanto para aplicaciones civiles como para aplicaciones militares. Factores tales como su maniobrabilidad, capacidad de carga, y estabilidad en vuelo, han motivado la investigación y los avances alrededor del desarrollo de cuadricópteros, lo cual se ha traducido en el desarrollo de multitud de plataformas de hardware completas para cuadricópteros. Aun así, no se ha podido desarrollar un método de estabilización que no dependa de sensores y lazos de control de velocidad específicos para cada actuador, y que pueda adaptarse a las características de funcionamiento de estos.

En **[Il-Hawm 2004]** y **[Talebi 2010]** se expone la aplicación de técnicas de programación con un enfoque bio-inspirado para dar soporte a sistemas de control de robots móviles, ya sea como algoritmos de control, actuando como observadores del sistema con el fin de complementar o mejorar las mediciones realizadas por los sensores, o en la identificación de parámetros de sistemas. Se considera que el siguiente Trabajo Especial de Grado puede representar un aporte al control no solo de cuadricópteros, sino de plataformas robóticas de cualquier tipo que utilicen motores de corriente continua, mediante la aplicación de redes neuronales artificiales para la predicción del comportamiento no lineal de los actuadores de las mismas, y su homogeneización.

En torno al tema del desarrollo de una plataforma estandarizada para el desarrollo de cuadricópteros, no se ha logrado estandarizar el funcionamiento y la configuración básica que debería tener el sistema de control. Se considera que el presente Trabajo Especial de Grado podría representar un aporte, y un nuevo paso adelante en el desarrollo de una plataforma para el control de cuadricópteros mediante Arduino tomando como base, y con el propósito de mejorar, lo desarrollado en **[Nadales 2009]**, puesto que en dicho Trabajo Especial de Grado se tuvo un primer acercamiento al desarrollo de la electrónica del cuadricóptero, los algoritmos de lectura de sensores y manejo de motores, y quedó por desarrollar el algoritmo de estabilización y control.