



UNIVERSIDAD AERONÁUTICA EN QUERÉTARO

---

INOVACIÓN EDUCATIVA PARA EL DESARROLLO DE MÉXICO

TÍTULO DE LA TESIS

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**Ingeniero en electrónica y control de sistemas de aeronaves**

PRESENTA:

**Marco Antonio Aguilar Gallardo**

DIRECTOR:

Antonio J. Flores

Municipio de Colón, Querétaro

2019





*A la Facultad de Ingeniería y a la Universidad, por la formación que me han dado.  
Es gracias a ustedes que es posible el presente trabajo.  
En verdad, gracias.  
Yo.*



# Reconocimientos

---

También quisiera reconocer a ... por ...CONACYT, PAPIIT / etc. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.



# Declaración de autenticidad

---

Por la presente declaro que, salvo cuando se haga referencia específica al trabajo de otras personas, el contenido de esta tesis es original y no se ha presentado total o parcialmente para su consideración para cualquier otro título o grado en esta o cualquier otra Universidad. Esta tesis es resultado de mi propio trabajo y no incluye nada que sea el resultado de algún trabajo realizado en colaboración, salvo que se indique específicamente en el texto.

Marco Antonio Aguilar Gallardo. Municipio de Colón, Querétaro, 2019





# Resumen

---

This is where you write your abstract ... Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.



# Índice general

---

Índice de figuras	XI
Índice de tablas	XIII
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Tema de investigación . . . . .	1
1.2. Justificación . . . . .	1
1.3. Objetivo . . . . .	1
1.4. Objetivos específicos . . . . .	1
1.5. Estado de la cuestión . . . . .	2
1.6. Marco teorico . . . . .	2
1.7. Contribuciones . . . . .	2
1.8. Alcances . . . . .	2
1.9. Estructura de la tesis . . . . .	2
<b>A. Código/Manuales/Publicaciones</b>	<b>3</b>
A.1. Apéndice . . . . .	3



## Índice de figuras

---



# Índice de tablas

---





---

## Capítulo 1

# Introducción

---

En el presente capítulo se expone el objetivo general, así como sus derivados. En la primera sección se aborda el tema de investigación donde especifica la justificación del presente trabajo, posteriormente se sintetiza algunas de las investigaciones que sirvieron como base para la elección del tema previamente descrito. Finalmente se dan las razones de la investigación y se exponen las aportaciones derivadas del tema de tesis.

### 1.1. Tema de investigación

### 1.2. Justificación

En la actualidad el uso de cámaras digitales en los sistemas UAV's cumplen una enorme función para la obtención de datos gráficos que permitan la realización de algoritmos capaces de generar múltiples tareas tales como, navegación inercial, búsqueda y rescate, entre otros. Debido a la criticidad que puede llegar a tornarse este tipo de tareas donde la comunicación entre la tarjeta que captura datos de la cámara y un sistema receptor necesitan protocolos seguros de comunicación, por tal razón este proyecto tiene la finalidad de crear un sistema embebido que pueda ser autónomo y se encuentre instalado en un sistema UAV, con esto beneficiar la integridad del producto y generando un entorno seguro para el procesamiento de datos de la cámara hacia la gimbal.

### 1.3. Objetivo

Diseñar, instrumentar y controlar un dispositivo gimbal que sea capaz de seguir un objeto a través de visión artificial para implementarse en un UAV de categoría pequeña.

### 1.4. Objetivos específicos

- Obtener el modelo matemático de una gimbal de 2 grados de libertad.
- Diseñar e implementar el sistema embebido que dará el soporte electrónico a la gimbal.
- Capturar figuras geométricas definidas mediante el uso de una cámara digital y emplear algoritmos de visión artificial para la obtención de datos.
- Diseñar un controlador autónomo con base en el modelo matemático, previamente obtenido.

### 1.5. Estado de la cuestión

### 1.6. Marco teorico

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 1.7. Contribuciones

La principal contribución de este trabajo es Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## **1.8. Alcances**

## **1.9. Estructura de la tesis**

Este trabajo está dividido en XX capítulos. Al principio se encuentra  
Finalmente se encuentra la parte de



---

Apéndice A

## Código/Manuales/Publicaciones

---

### **A.1. Apéndice**

Apéndice