

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Motivación . . . . .	1
1.2 Antecedentes . . . . .	2
1.3 Objetivos y Alcance . . . . .	3
1.4 Estructura de la Memoria . . . . .	4
<b>2. Fundamentos Técnicos y Teóricos</b>	<b>5</b>
2.1 Control de Orientación . . . . .	5
2.1.1 Estado del Arte . . . . .	6
2.1.2 Método Propuesto . . . . .	6
2.2 Orientación de Satélites . . . . .	7
2.2.1 Sistema de Referencia . . . . .	7
2.2.2 Especificación de la Orientación . . . . .	8
2.3 Revisión del <i>Hardware</i> . . . . .	9
2.3.1 Unidad de Medición Inercial . . . . .	9
2.3.2 Motor <i>BLDC</i> . . . . .	10
2.3.3 <i>Driver</i> Motor <i>BLDC</i> . . . . .	11
<b>3. Modelos Matemáticos</b>	<b>12</b>
3.1 Cinemática del satélite . . . . .	12
3.2 Dinámica del satélite . . . . .	14
3.3 Ecuaciones dinámicas en <i>Air Bearing</i> . . . . .	15
3.4 Dinámica de las Ruedas de Reacción . . . . .	16
3.4.1 Motor de Corriente Continua . . . . .	17
3.4.2 Motor BLDC . . . . .	18
3.4.3 Modelo Ruedas de Reacción . . . . .	20
3.5 Maniobras de control . . . . .	20
3.5.1 Control en <i>Yaw</i> . . . . .	20
3.5.2 Control en <i>Pitch</i> y <i>Roll</i> . . . . .	21
3.5.3 Control en 3 Ejes . . . . .	21
<b>4. Desarrollo del Sistema</b>	<b>22</b>
4.1 Estructura de pruebas . . . . .	22
4.1.1 Diseño en SOLIDWORKS . . . . .	22
4.1.2 Prototipo . . . . .	23
4.1.3 Operación bidireccional del motor . . . . .	24

4.1.4 Placa de conexiones . . . . .	26
4.2 Interfaz de usuario . . . . .	27
4.2.1 Protocolo de Comunicación . . . . .	27
4.2.2 Interfaz de Control . . . . .	28
4.2.3 Visualización de Datos . . . . .	30
4.3 Simulaciones en Gazebo . . . . .	30
<b>5. Diseño y Pruebas de Modelos</b>	<b>32</b>
5.1 Determinación de parámetros . . . . .	32
5.1.1 Parámetros del motor . . . . .	32
5.1.2 Momento de Inercia del satélite . . . . .	34
5.2 Control de corriente del Motor . . . . .	35
5.3 Control de velocidad de la rueda de reacción . . . . .	36
5.4 Control de Orientación en 3 Ejes . . . . .	37
<b>6. Resultados y Análisis del Sistema</b>	<b>42</b>
6.1 Ruedas de Reacción . . . . .	42
6.1.1 Medición de velocidad . . . . .	42
6.1.2 Medición de corriente . . . . .	44
6.1.3 Prueba en Cámara de Vacío . . . . .	44
6.2 Controlador de Corriente . . . . .	46
6.3 Controlador de Velocidad . . . . .	48
6.4 Control de ángulo <i>yaw</i> . . . . .	49
6.5 Control en <i>pitch</i> y <i>roll</i> . . . . .	51
6.6 Especificaciones Finales del Sistema . . . . .	53
<b>7. Conclusiones y Trabajo Futuro</b>	<b>55</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>55</b>
<b>Anexos</b>	<b>58</b>
A. Plataforma <i>Air Bearing</i> utilizada . . . . .	58
B. Transformaciones entre ángulos de Euler y Cuaterniones . . . . .	59
C. Placa de Conexiones . . . . .	60