

# Índice

<b>Capítulo 1: Introducción</b> .....	1
<b>Capítulo 2: Modelos Matemáticos</b> .....	2
2.1 Introducción .....	2
2.2 Modelo no lineal del avión .....	2
<b>2.2.1</b> Ecuaciones de movimiento .....	5
2.2.2 Fuerzas y momentos de las ecuaciones de movimiento.. .....	6
2.2.3 Orientación del avión.. .....	7
2.2.4 Posición del avión .....	7
2.2.5 Ecuaciones totales de movimiento .....	7
2.3 Actuadores .....	8
2.4 Modos de control .....	9
2.5 <b>Sensores</b> .....	9
2.5.1 <b>Sensores</b> de guiado .....	9
2.5.2 <b>Sensores</b> de control .....	11
2.6 Perturbaciones .....	11
2.7 Estados de equilibrio de las ecuaciones de movimiento .....	12
2.7.1 Conceptos generales .....	12
2.7.2 Estados de equilibrio .....	12
2.7.3 Algoritmo para determinar el estado de equilibrio.. .....	13
2.7.3.1 Condiciones de vuelo .....	14
2.7.3.2 Restricciones de vuelo.. .....	14
2.7.3.3 Algoritmo de minimización .....	14
<b>Capítulo 3: Dinámica Longitudinal</b> .....	15
3.1 Introducción .....	15
3.2 Ecuaciones longitudinales .....	15
3.3 Fuerzas y momentos de las ecuaciones longitudinales .....	17
3.4 Ecuaciones longitudinales adimensionalizadas .....	18
3.5 Modos longitudinales.. .....	21
3.5.1 Respuesta natural .....	21
3.5.2 Respuesta en frecuencia.. .....	22
3.5.3 Aproximación de período corto .....	24
3.5.4 Aproximación de período largo.. .....	25
3.6 Efecto de la variación de las derivativas de estabilidad sobre los modos longitudinales .....	25
<b>Capítulo 4: Dinámica Lateral - Direccional</b> .....	27
4.1 Introducción .....	27
4.2 Ecuaciones longitudinales .....	27
4.3 Fuerzas y momentos de las ecuaciones laterales - direccionales.. .....	29
4.4 Ecuaciones laterales – direccionales adimensionalizadas .....	29
4.5 Modos laterales - direccionales .....	32
4.5.1 Respuesta natural .....	32
4.5.2 Respuesta en frecuencia .....	33
4.5.3 Aproximación de modo de Dutch – roll .....	34
4.5.4 Aproximación de modo de roll .....	35
4.5.5 Aproximación de modo espiral .....	36
4.6 Efecto de la variación de las derivativas de estabilidad sobre los modos laterales - direccionales .....	36

<b>Capítulo 5: Control Longitudinal</b> .....	38
5.1 Introducción .....	38
5.2 Control de velocidad angular de pitch .....	39
5.3 Piloto automático de altura .....	39
5.4 Control de velocidad .....	42
5.5 Acople del piloto automático de altura y del control de velocidad .....	44
<b>Capítulo 6: Control Lateral - Direccional.</b> .....	46
6.1 Introducción .....	46
6.2 Amortiguación del modo de Dutch - roll .....	46
6.3 Métodos de coordinación .....	48
6.3.1 Método del ángulo de sideslip .....	48
6.3.2 Método de la aceleración lateral nula .....	50
6.3.3 Método del ángulo de roll .....	52
6.3.4 Método de la combinación rudder – alerones .....	53
6.3.5 Comparación entre los métodos .....	54
6.4 Sistemas de control de orientación de yaw .....	54
6.4.1 Control de la velocidad angular de yaw .....	55
6.4.2 Control del ángulo de roll .....	57
6.4.3 Comparación entre el control de velocidad angular de yaw y el de ángulo de roll .....	58
6.5 Piloto automático de ángulo de yaw .....	60
<b>Capítulo 7: Acople del control longitudinal con el lateral – direccional</b> .....	62
7.1 Introducción .....	62
7.2 Acople de los pilotos automáticos de altura y de ángulo de yaw .....	64
7.3 Rechazo a perturbaciones .....	65
7.4 Seguimiento de trayectorias .....	67
<b>Capítulo 8: Conclusiones</b> .....	69
<b>Apéndice A: Derivadas de estabilidad.</b> .....	70
A.1 Introducción .....	70
A.2 Derivadas Longitudinales .....	71
A.3 Derivadas Laterales - Direccionales.. ..	76
<b>Apéndice B: Parámetros del avión utilizado</b> .....	81
6.1 Parámetros generales .....	81
8.2 Fuerzas y momentos .....	81
8.3 Estados de equilibrio .....	82
8.4 Matrices del modo longitudinal .....	83
B.5 Matrices del modo lateral - direccional .....	83
<b>Apéndice C: Marcos de Referencia</b> .....	84
C.1 Definiciones .....	84
C.1.1 Marco de referencia fijo al cuerpo ( $M_B$ ) .....	84
C.1.2 Marco de referencia de estabilidad ( $M_S$ ) .....	84
C.1.3 Marco de referencia de la ruta de vuelo ( $M_W$ ) .....	85
C.1.4 Marco de referencia fijo en tierra ( $M_E$ ) .....	85
C.1.5 Marco de referencia vertical transportado con el vehículo ( $M_V$ ) .....	85
C.2 Cambio de marco de referencia .....	86
C.2.1 Cambio de $M_V$ a $M_B$ .....	86
C.2.2 Cambio de $M_W$ a $M_B$ .....	88
C.2.3 Cambio de $M_S$ a $M_B$ .....	88
<b>Bibliografía</b> .....	89