

Índice

1 Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Motivación y objetivo	3
1.3 Estructura de la tesis	3
1.4 Antecedentes	4
1.4.1 Conversión voltaje - posición.....	4
1.4.2 Modelado	6
1.4.2.1 Función de transferencia	7
1.4.2.2 Variables de estado	8
1.4.3 Controlabilidad y observabilidad	11
1.4.4 Medición de parámetros.....	12
2 Control	15
2.1 Diseño de controladores por realimentación de estado.....	16
2.2 Control óptimo cuadrado (LQR)	21
2.3 Sistemas difusos	24
2.3.1 Conjuntos difusos	25
2.3.2 Operaciones con conjuntos difusos	28
2.3.3 Combinación de reglas difusas	29
2.3.3.1 Modelo Mamdani	29
2.3.3.2 Modelo Larsen	30
2.3.3.3 Modelo Takagi-Sugeno-Kang (TSK)	33
2.3.3.4 Sistema difuso tipo singleton.....	33

3	Sistemas e identificación de parámetros	35
3.1	Descripción del sistema mecánico y electrónico	37
3.1.1	Sistema mecánico	37
3.1.2	Sistema electrónico	40
3.2	Interfase	41
3.3	Conversión y filtrado	42
3.3.1	Conversión voltaje - posición	43
3.3.2	Filtro paso bajas	44
3.3.3	Filtro derivativo	48
3.4	Modelo matemático	50
3.5	Identificación de parámetros	53
3.5.1	Mínimos cuadrados	53
3.5.2	Medición de parámetros	55
4	Diseño de los controladores	61
4.1	Consideraciones de diseño (LQR)	62
4.1.1	El modelo matemático y su análisis	63
4.1.2	Medición de los estados del sistema	64
4.1.3	Matriz de ganancia de retroalimentación óptima	64
4.2	Consideraciones de diseño del control difuso	67
4.2.1	Conjuntos difusos para la difusión	68
4.2.2	Reglas de conocimiento	71
4.2.3	Conjuntos difusos para la desdifusión	72
5	Experimentos y resultados	75
5.1	Experimentos y resultados del control LQR	76
5.1.1	Tiempo de muestreo	76
5.1.2	Experimentos	77
5.1.3	Resultados y análisis	78
5.2	Experimentos y resultados del control difuso	86
5.3	Discusión	99

6 Conclusiones	101
6.1 Conclusiones	102
6.2 Trabajo futuro	103
Anexo	105
Bibliografía	109