

Índice General

1	Motivación y objetivos de la tesis	9
1.1	Control predictivo basado en modelo (MBPC)	10
1.1.1	Predictor	13
1.1.2	Función de coste	15
1.1.3	Optimizador	17
1.2	Evolución del MBPC	18
1.3	Optimización	21
1.3.1	Métodos de optimización clásica	22
	Optimización sin restricciones	23
	Optimización con restricciones de tipo igualdad	24
	Optimización con restricciones de tipo desigualdad	26
1.3.2	Métodos de optimización iterativos	29
	Minimización de problemas de una variable	31
	Minimización de problemas multivariables sin restricciones	31
	Minimización de problemas multivariables con restricciones	33
1.3.3	Métodos de optimización heurísticos	35
	Métodos de Monte Carlo	36
	Algoritmos genéticos	39
1.4	Objetivos de la tesis	40

2	Técnicas de optimización heurística	45
2.1	Simulated Annealing (SA)	47
2.1.1	Funciones de distribución	48
2.1.2	Leyes de aceptación	53
2.1.3	Curva de enfriamiento	55
2.1.4	Algoritmos de <i>Simulated Annealing</i>	57
	Ejemplo de minimización de un problema univariable	58
	Ejemplo de minimización de un problema con dos variables	61
2.2	Algoritmos Genéticos (GA)	63
2.2.1	Codificación binaria	65
	Código Gray	66
2.2.2	Operadores genéticos para la codificación binaria	67
	Operador de selección	67
	Operador de cruce	70
	Operador de mutación	71
2.2.3	Codificación real	72
2.2.4	Operadores genéticos para la codificación real	73
	Operación de selección	73
	Operación de cruce	73
	Operación de mutación	77
2.2.5	Ejemplo de evolución	79
3	Evaluación de los algoritmos GA y SA	81
3.1	Análisis comparativo de varios algoritmos	84
3.1.1	Resultados con GA y SA	89
3.1.2	Resultados de otros algoritmos comerciales	97
3.1.3	Conclusiones	99
3.2	Evaluación de robustez y ajuste de parámetros de un GA real	101
3.3	Propuesta de una metodología de ajuste	109
3.4	Conclusiones	114

4	MBPC con optimización heurística	117
4.1	GPC con optimización heurística	118
4.1.1	Índice de coste	118
4.1.2	Modelo de predicción	119
4.1.3	Adaptación de una técnica de optimización	122
4.2	Incremento de las prestaciones por modificación del índice	124
4.2.1	Redistribución de la acción de control.	124
4.2.2	Redistribución de la acción de control en un GPC lineal	132
4.2.3	Índices no cuadráticos	136
4.3	Conclusiones	142
5	MBPC con optimización heurística en procesos no lineales	143
5.1	Introducción	144
5.2	Incorporación de no linealidades en los actuadores	146
5.2.1	Inclusión en el modelo de predicción	147
5.2.2	Inclusión como restricciones	148
5.3	MBPC con OH en procesos con no linealidades en actuadores	153
5.3.1	Saturación de la acción de control	155
5.3.2	Saturación del incremento de la acción de control	157
	Inclusión de la no linealidad mediante penalización	159
	Inclusión de la no linealidad en el modelo	161
5.3.3	Zona muerta tipo I.	165
5.3.4	Zona muerta tipo II.	169
5.3.5	Backlash	174
5.3.6	Histéresis	178
	Resumen de las experiencias	181
5.4	MBPC con restricciones en la salida	184

5.4.1	Ejemplo: MBPC con restricciones de funcionamiento	186
5.5	MBPC con modelos no lineales	189
5.5.1	Ejemplo de control MBPC para un proceso no lineal	190
5.6	Conclusiones	196
6	MBPC con optimización heurística en sistemas MIMO	199
6.1	Aplicación a sistemas MIMO	200
6.2	Aplicación al control climático del cultivo bajo invernadero	203
6.2.1	Modelo climático de un cultivo de rosas bajo invernadero.	204
	Medidas de la humedad.	204
	Balance másico sobre el vapor de agua.	205
	Balance de Energía en el volumen del invernadero	209
	Balance de Energía de la Masa Térmica.	211
	Diagrama del modelo.	211
	Valores de los Parámetros	213
6.2.2	Validación	214
6.2.3	Control mediante reguladores PID con prealimentación	218
6.2.4	Control predictivo con optimización heurística	225
6.3	Conclusiones	231
7	Conclusiones finales y trabajos futuros	233
7.1	Conclusiones finales	233
7.2	Trabajos futuros	235
A	Validación para procesos lineales	237
B	Funciones de test	247
C	Tablas de evaluación de un GA con codificación real	263
D	Resultados del control con no linealidades en los actuadores	277