

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
2. Marco teórico	4
2.1. Sistema HVAC	4
2.2. Aprendizaje reforzado	8
2.3. Deep Deterministic Policy Gradient	11
2.4. Twin Delayed Deep Deterministic Policy Gradient	13
2.5. Proximal Policy Optimization	14
3. Estado del arte	17
3.1. Sistemas de control de HVAC	17
3.2. Beneficios de aprendizaje reforzado	18
4. Formulación del problema y diseño del método de control	20
4.1. Metodología	20
4.2. Formulación del problema	21
4.3. Formulación y diseño del método de control	22
4.3.1. Observaciones	23
4.3.2. Acciones	24
4.3.3. Ambiente	25
4.3.4. Recompensa	26
4.4. Configuración de los algoritmos	28
4.4.1. DDPG	28
4.4.2. TD3	29
4.4.3. PPO	30
5. Resultados	32
5.1. Resultados para cada instancia	32
5.1.1. Primera instancia, control de temperatura de enfriamiento	32
5.1.2. Segunda instancia, control de flujo de aire	35
5.1.3. Tercera instancia, controlando flujo de aire y enfriamiento	36
5.1.3.1. Gráficos de los estados y acciones	38
5.1.3.2. Análisis y comparación de resultados	41

5.1.4.	Cuarta instancia, controlando flujo de aire, enfriamiento y válvula de re circulación	43
5.1.4.1.	Gráficos de los estados y acciones	43
5.1.4.2.	Análisis y comparación de resultados	47
5.1.5.	Quinta instancia, controlando 4 variables con restricciones de temperatura y CO2	49
5.1.5.1.	Gráficos de los estados y acciones	50
5.1.5.2.	Análisis y comparación de resultados	53
5.1.6.	Sexta instancia, restricciones de temperatura, CO2 y humedad	56
5.1.6.1.	Gráficos de los estados y acciones	56
5.1.6.2.	Análisis y comparación de resultados	59
5.1.7.	Séptima instancia, restricciones de temperatura en 4 zonas	62
5.1.7.1.	Gráficos de los estados y acciones	63
5.1.7.2.	Análisis y comparación	65
5.1.8.	Octava instancia, restricciones de temperatura, CO2 y humedad relativa en 4 zonas.	66
5.2.	Resultados con predicciones	67
5.2.1.	Tercera instancia	68
5.2.2.	Cuarta instancia	70
5.3.	Resultados <i>toolbox</i>	71
6.	Conclusiones y trabajo futuro	75
6.1.	Conclusiones	75
6.2.	Trabajo Futuro	77
	Bibliografía	78
	Anexos	81
A.	Perturbaciones utilizadas y MPC completo	81
A.1.	Perturbaciones para 1,2 y 3 variables	81
A.2.	Perturbaciones para 4 variables con restricciones de temperatura y CO2	82
A.3.	Perturbaciones para 4 variables con restricciones de temperatura, CO2 y humedad	83
A.4.	Resultado MPC 3 variables día completo	84