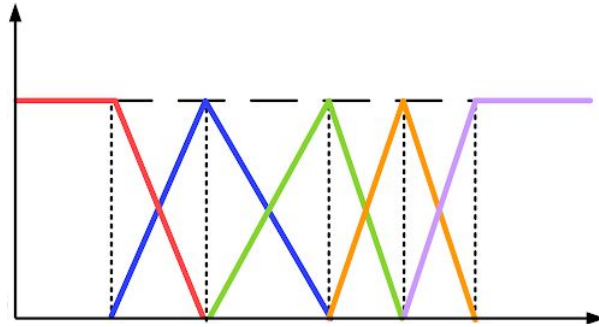
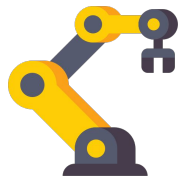


Ejercicio 5 - Control Automático

Control Fuzzy



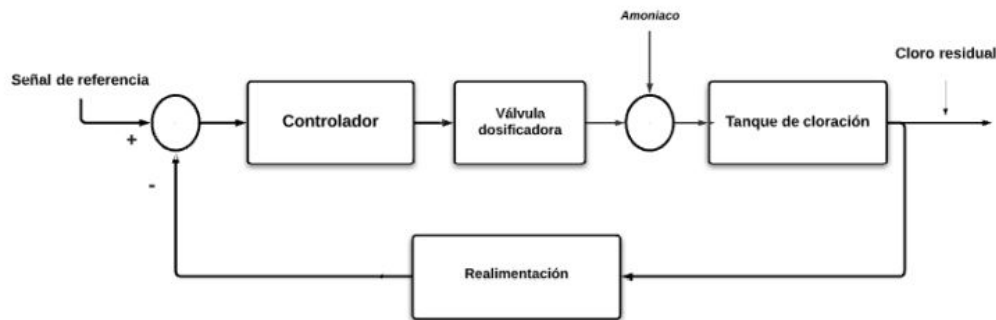
Karen Y. Marín
Luis F. Riveros
Juan J. Charfuelan
Michael Hernandez



Aplicación

Los procesos de cloración en la salida de las PTAP se han analizado exhaustivamente en términos de control.

El interés radica en **lograr un proceso totalmente automatizado**, en el que los humanos solo intervengan como supervisores, y en el que **la calidad del efluente cumpla con la normativa establecida, optimizando los costos operativos**.



Universo de discurso

| Variables de entrada del controlador |
|--|
| Cloro residual $Cr = [0\text{ppm a } 3\text{ppm}]$ |
| Error $E = [-2.2\text{ppm a } 0.8\text{ppm}]$ |

| Variables de salida del controlador |
|---|
| Voltaje $V = [0\text{V a } 10\text{V}]$ |
| Setpoint |
| Cloro residual $Cr = 0.8\text{ppm}$ |

Etiquetas lingüísticas y funciones de pertenencia

Variable: Error

| Nombre de la etiqueta | Rango de la variable (ppm) | Función de pertenencia |
|-----------------------|----------------------------|---|
| Aceptable (AC) | $[-2.2, 0.1]$ | $[1, \frac{0.1-x}{0.1}, 0]$ trapmf |
| Bajo (B) | $(0, 0.2)$ | $[0, \frac{x}{0.1}, \frac{0.2-x}{0.1}, 0]$ trimf |
| Medio (ME) | $[0.1, 0.55]$ | $[0, \frac{x-0.1}{0.1}, 1, \frac{0.55-x}{0.05}, 0]$ trapmf |
| Alto (A) | $(0.5, 0.75)$ | $[0, \frac{x-0.5}{0.05}, 1, \frac{0.75-x}{0.05}, 0]$ trapmf |
| Muy alto (MA) | $[0.7, 0.8]$ | $[0, \frac{x-0.7}{0.05}, 1]$ trapmf |

Etiquetas lingüísticas y funciones de pertenencia

Variable: Error



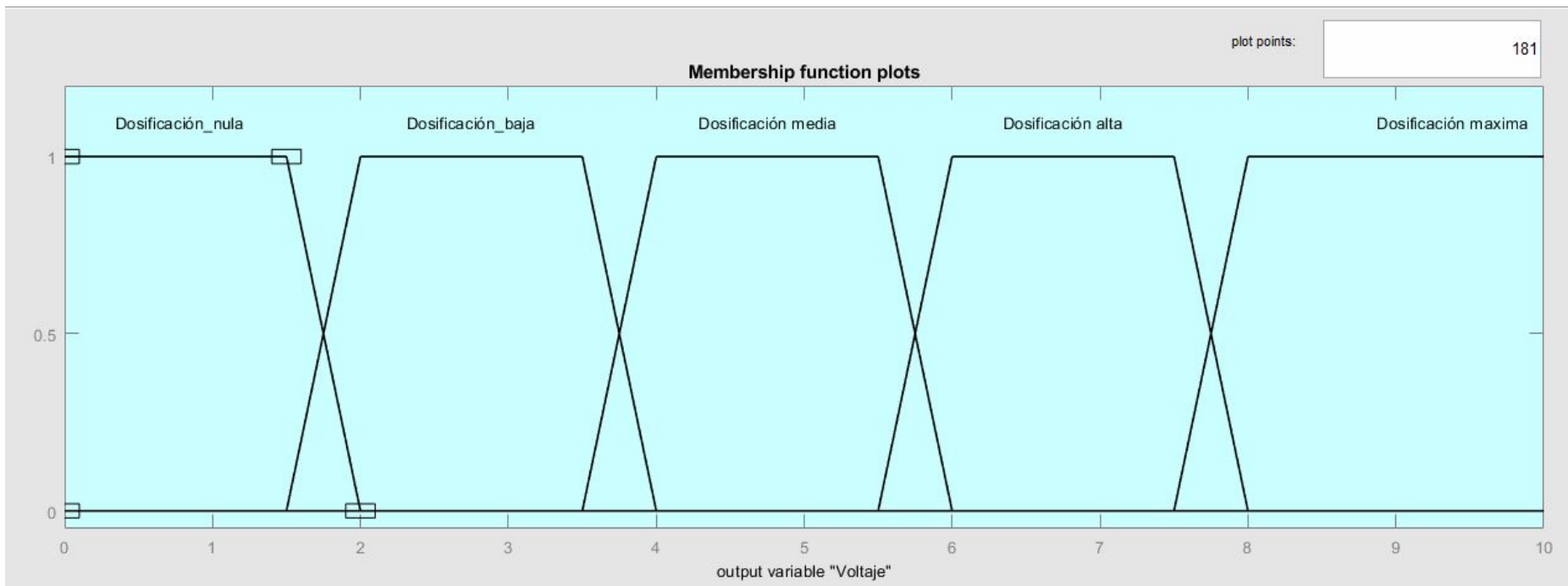
Etiquetas lingüísticas y funciones de pertenencia

Variable: Voltaje (V)

| Nombre de la etiqueta | Rango de la variable (V) | Función de pertenencia |
|-----------------------------|--------------------------|--|
| Dosificación Nula (DN) | $[0, 2)$ | $[1, \frac{2-x}{0.5}, 0]$ trapmf |
| Dosificación Baja (DB) | $[1.5- 4)$ | $[0, \frac{x-1.5}{0.5}, 1, \frac{4-x}{0.5}, 0]$ trapmf |
| Dosificación Media (DME) | $[3.5 - 6)$ | $[0, \frac{x-3.5}{0.5}, 1, \frac{6-x}{0.5}, 0]$ trapmf |
| Dosificación Alta (DA) | $[5.5 - 8)$ | $[0, \frac{x-5}{0.5}, 1, \frac{8-x}{0.5}, 0]$ trapmf |
| Dosificación Muy Alta (DMA) | $[7.5 - 10)$ | $[0, \frac{x-7.5}{8-7.5}, 1]$ trapmf |

Etiquetas lingüísticas y funciones de pertenencia

Variable: Voltaje



Reglas de control

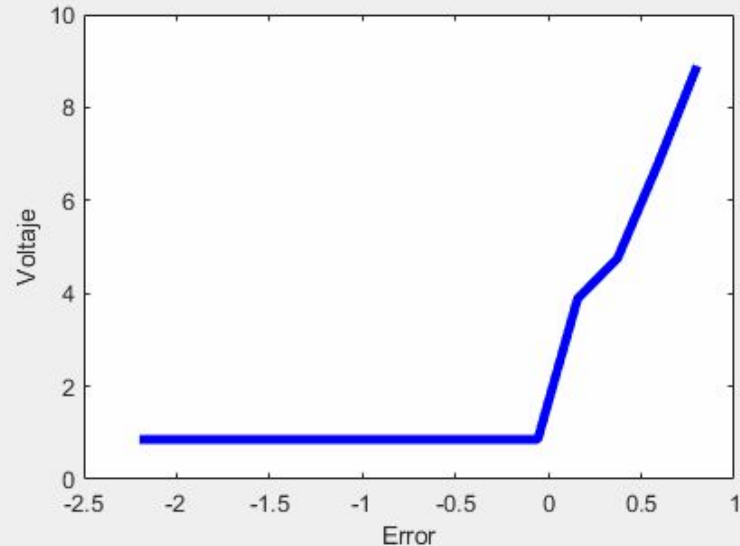
| Error | AC | B | ME | A | MA |
|---------|----|----|-----|----|-----|
| Voltaje | DN | DB | DME | DA | DMA |

| Etiquetas Error |
|--|
| Aceptable (AC) Bajo (B) Medio (ME) Alto (A) Muy Alto (MA) |

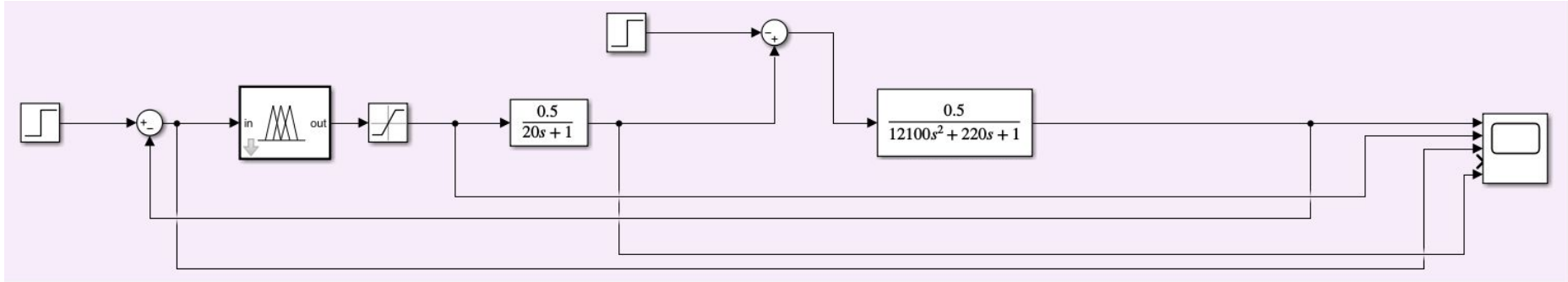
| Etiquetas Voltaje |
|--|
| Dosificación Nula (DN) Dosificación Baja (DB) Dosificación Media (DME) Dosificación Alta (DA) Dosificación Muy Alta (DMA) |

Simulación control Fuzzy (Membership Function Editor)

1. If (Error is Aceptable) then (Voltaje is Dosificación_nula) (1)
2. If (Error is Bajo) then (Voltaje is Dosificación_baja) (1)
3. If (Error is Medio) then (Voltaje is Dosificación_media) (1)
4. If (Error is Alto) then (Voltaje is Dosificación_alta) (1)
5. If (Error is Muy_alto) then (Voltaje is Dosificación_maxima) (1)



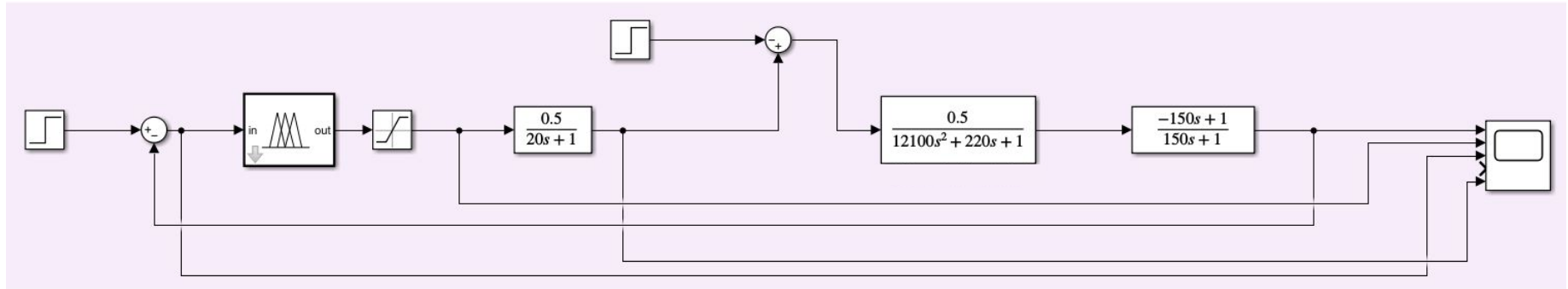
Simulación control Fuzzy (Td=0 y con perturbación)



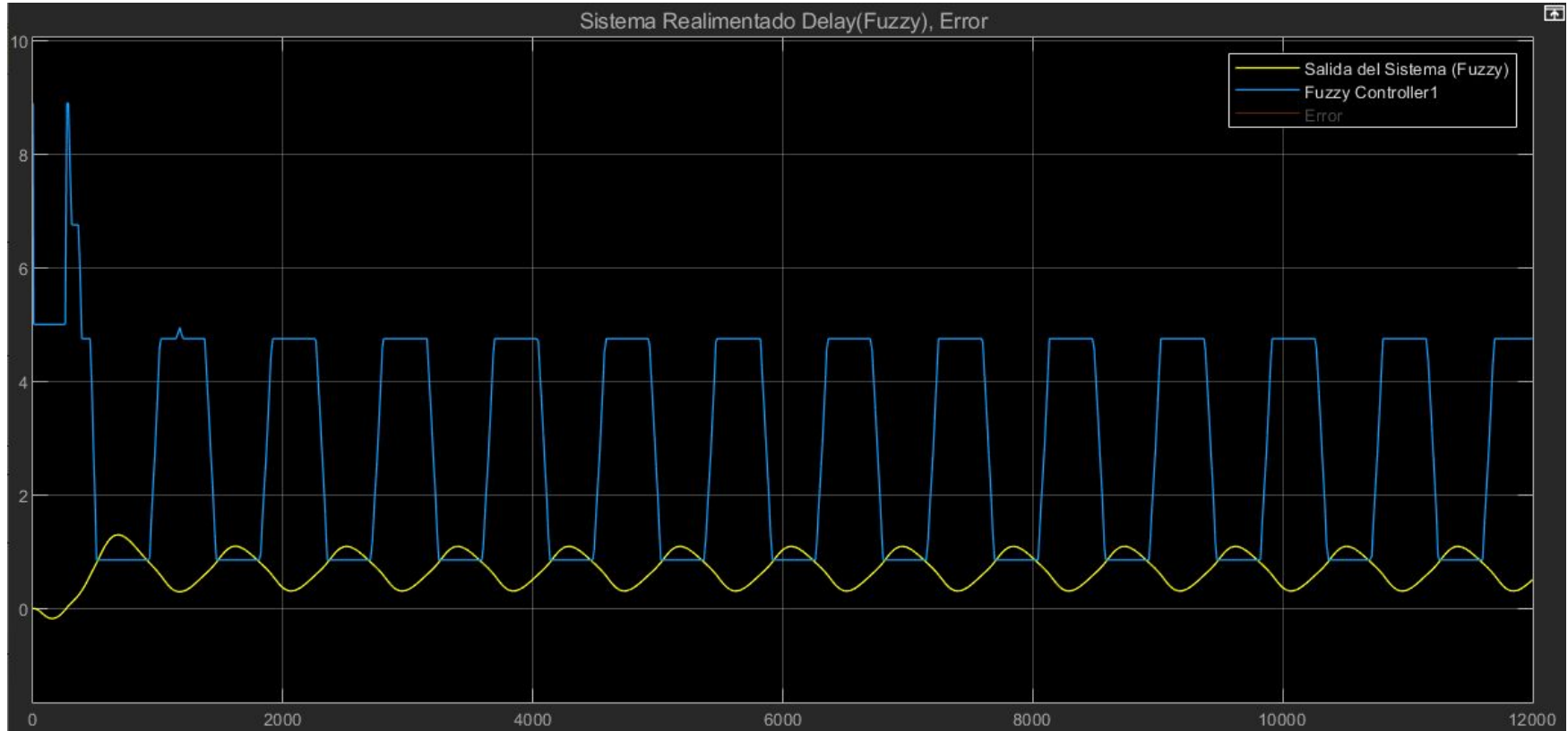
Simulación control Fuzzy ($T_d = 0$ y con perturbación)



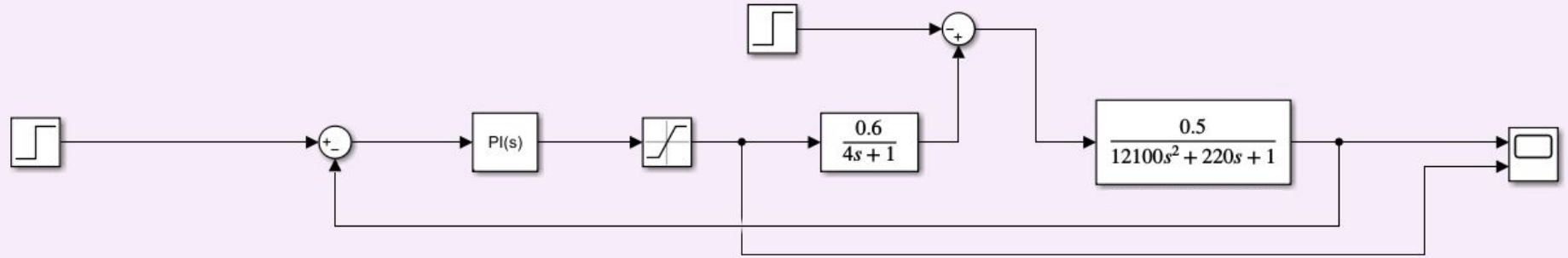
Simulación control Fuzzy (Td = 5min y sin perturbación)



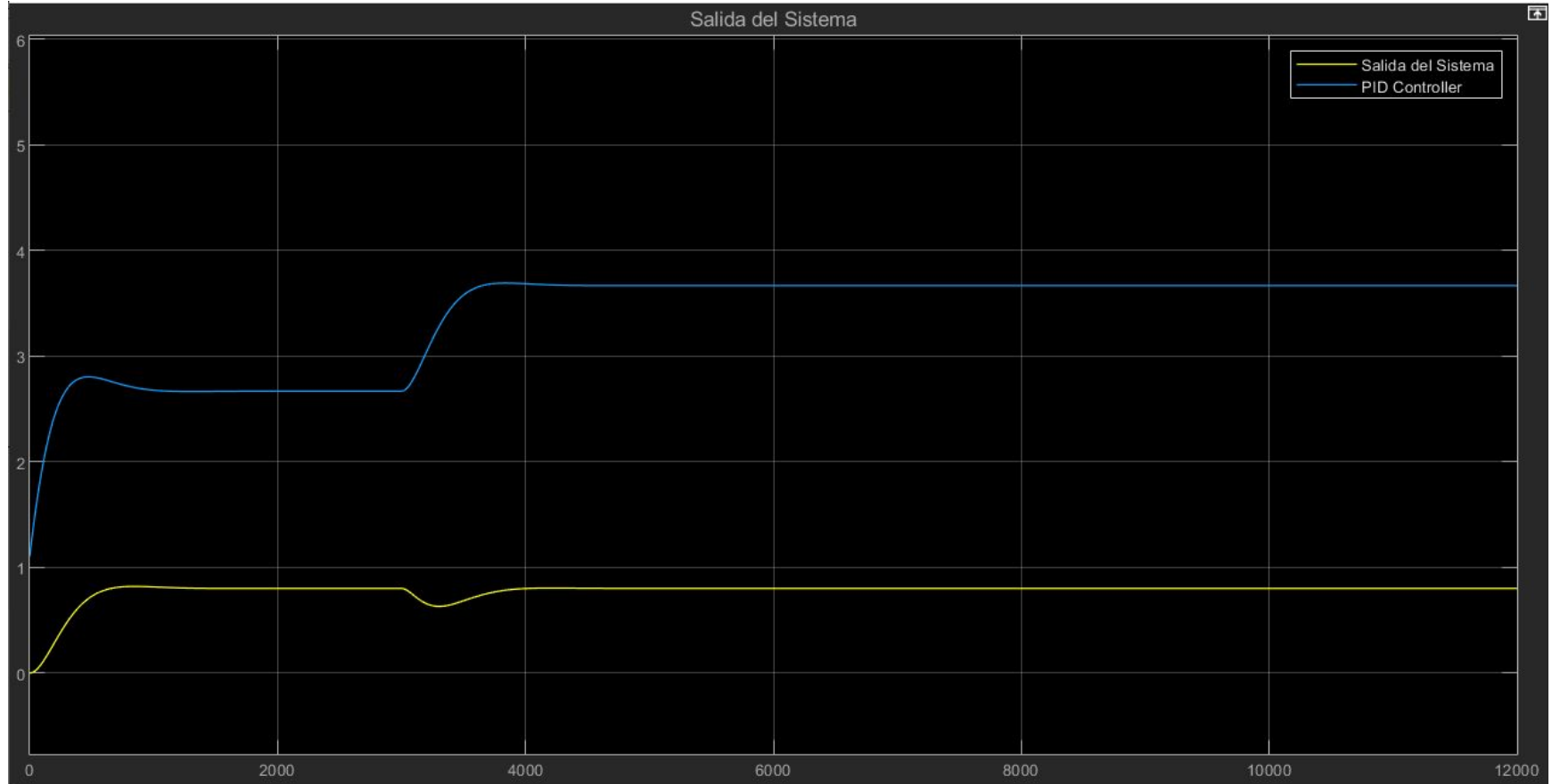
Simulación control Fuzzy ($T_d = 5\text{min}$ y sin perturbación)



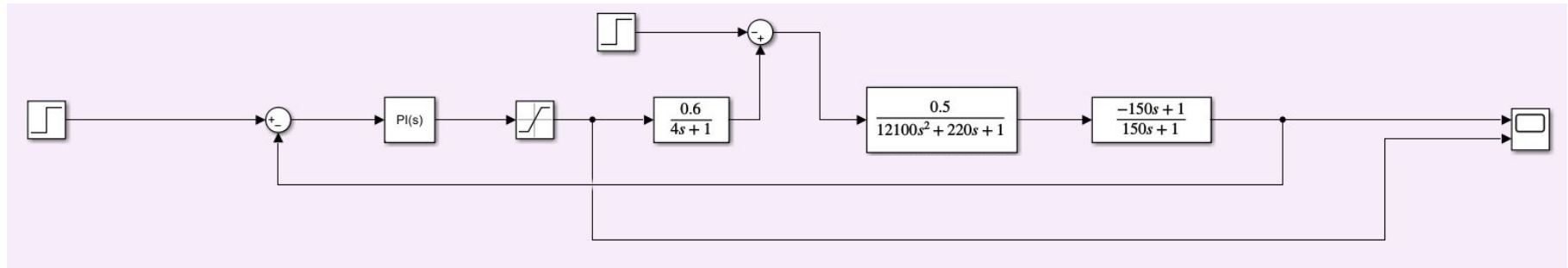
Simulación control PID ($T_d = 0$ y con perturbación)



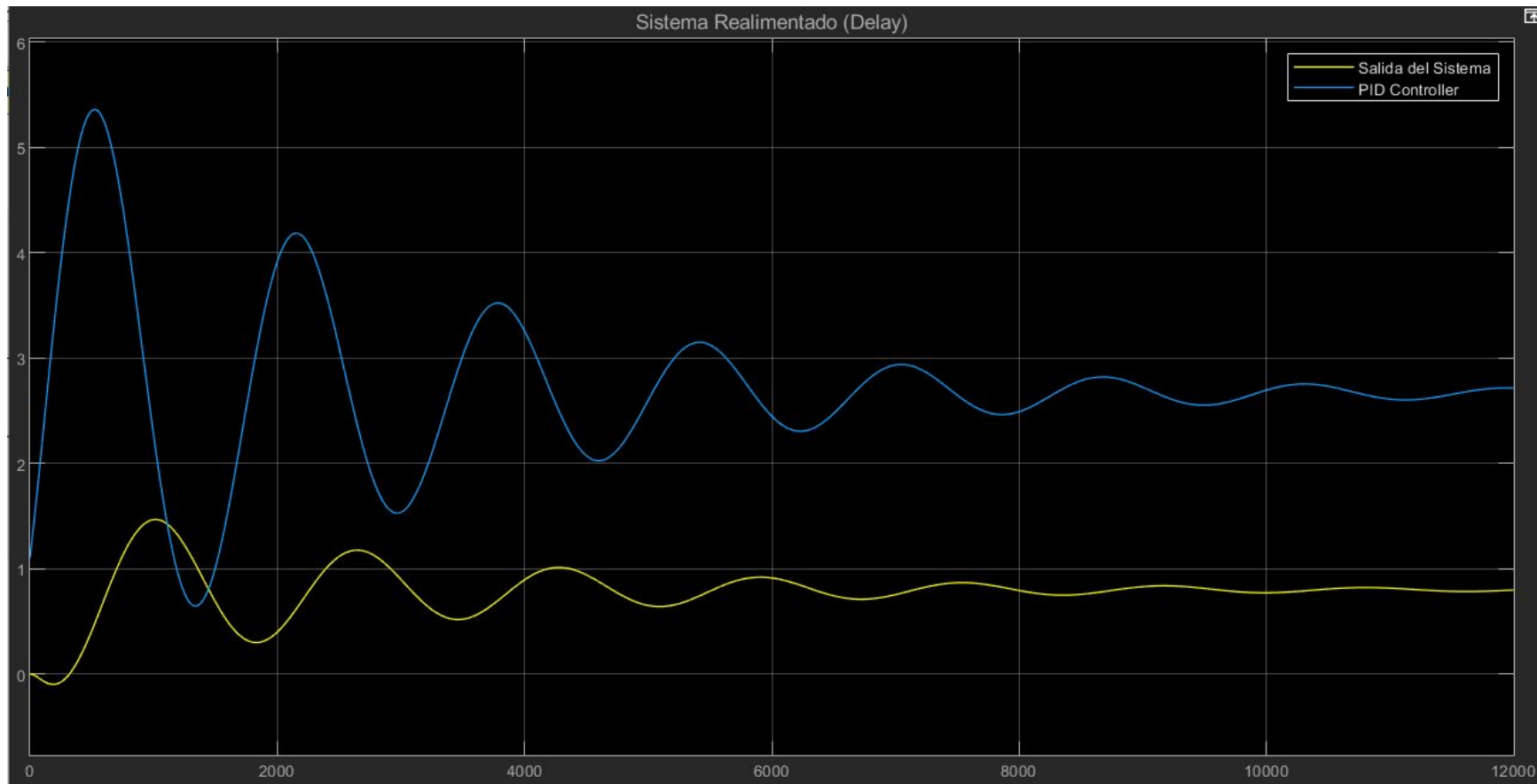
Simulación control PID ($T_d = 0$ y con perturbación)



Simulación control PID ($T_d = 5\text{min}$ y sin perturbación)



Simulación control PID ($T_d = 5\text{min}$ y sin perturbación)



Comparación











Control Fuzzy

- **Tiempo de establecimiento**
Obtenido: 620s
- **Error de estado estable**
Obtenido: 0,1%
- **Máximo pico**
Obtenido: 17,9%
- **Esfuerzo de control**
Máximo obtenido: 9V
Estable obtenido: 5V

Control PID

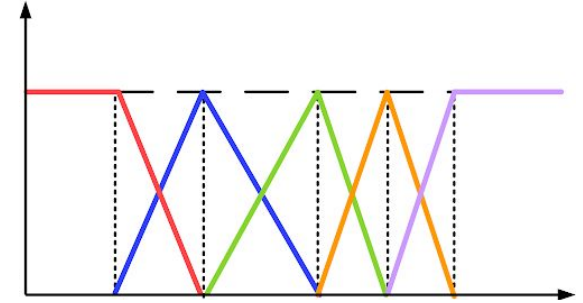
- **Tiempo de establecimiento**
Estimado: 850s
Obtenido: 950s
- **Error de estado estable**
Estimado: 0%
Obtenido: 0%
- **Máximo pico**
Estimado: 2%
Obtenido: 2.3%
- **Esfuerzo de control**
Máximo obtenido: 3.69V
Estable obtenido: 2.66V

Comparación

| Parámetros | Control Fuzzy | Control PID |
|--------------------------------------|---|---|
| Tiempo de establecimiento |  |  |
| Máximo pico |  |  |
| Esfuerzo de control (estado estable) |  |  |
| Esfuerzo de control (máximo) |  |  |
| Error de estado estable |  |  |

Conclusiones

- El tiempo de retardo en la medición de cloro hace que, en el diseño de un control Fuzzy, puedan cambiar significativamente los resultados.
- Si se pudiese medir la cantidad de amoniaco ocasional, se podrían modificar los rangos de las etiquetas lingüísticas de tal manera que el controlador amortigüe más rápido los efectos de la perturbación.
- Como se pudo observar en la tabla de comparación, el control PID es mejor en 4 de los 5 parámetros elegidos. Sin embargo, dependiendo de la aplicación podría ser más útil el Fuzzy, por ejemplo para aplicaciones que necesiten una rápida estabilización y se pueda sacrificar el esfuerzo de control.



**¡ Muchas gracias
por su atención !**

