

Diseño de Controladores para un Sistema de Purificación de Agua Residual

Lorena Villamizar Franco, José David Moreno Posada

X Congreso de Electrónica, Control y Telecomunicaciones
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Noviembre 2014

Agenda

1 Introducción

- Introducción
- Planteamiento del Problema
- Descripción de la Planta
- Replica de Resultados

2 Desarrollo

- Controlador Neuronal
- Controlador Difuso

3 Resultados

- Comparación de resultados
- Conclusiones
- Referencias

Introducción

La purificación del agua es un proceso indispensable para el desarrollo de la vida. La evaluación de la calidad del agua tuvo un lento desarrollo a través de la historia, ya que hasta finales del siglo XIX no se reconocía el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas; sin embargo, actualmente se destaca la importancia del agua potable y la manera en que llega a nuestras manos.

En [1], [2], [3], [4], [5] y [6] se pretende realizar un control sobre una planta de tratamiento de agua residual.

Planteamiento del Problema

La purificación de agua es realizada a través de plantas de tratamiento quienes implementan etapas químicas, físicas y biológicas. En la etapa química, la determinación de los coagulantes y coadyuvantes necesarios para la purificación del agua es un proceso costoso y difícil de mantener. Por lo tanto se ve necesario diseñar un Controlador Neuronal, contrastándolo con un modelo de Controlador PID e implementando métodos técnicos para reducir gastos innecesarios que optimicen la eficiencia económica del proceso.

Descripción de la Planta

El diseño de la planta se presenta en la figura 1 mostrada a continuación.

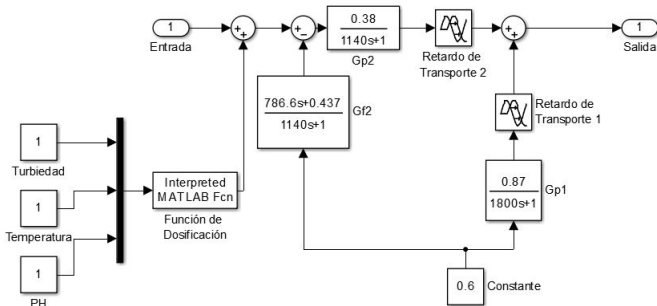


Figura 1 : Modelo de Planta Purificadora de Agua

Replica de Resultados

En el paper propuesto se implementó un controlador PID para el control sobre la planta, en la figura 2 se muestran los resultados obtenidos.

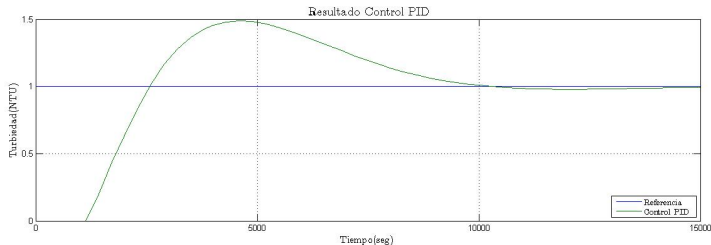


Figura 2 : Replica de resultado con control PID

Controlador Neuronal

Como propuesta frente al controlador PID se implementa un controlador predictivo NN a la planta de purificación de agua establecida.

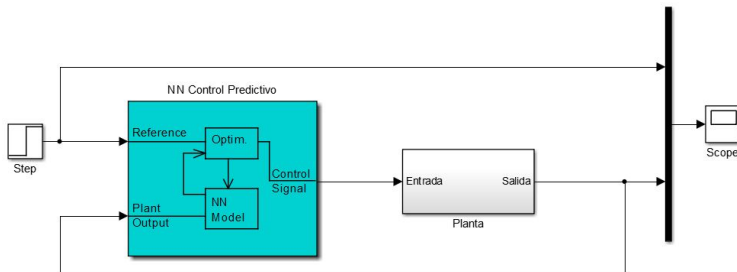


Figura 3 : Modelo de Control Neuronal

Controlador Neuronal

El diseño del controlador neuronal es resultado de la experimentación. Se propuso un modelo de control predictivo y 5 variables para identificar candidatos de controladores:

- Numero de Capas.
- Numero de Epocas de Entrenamiento.
- Rango de Error.
- Adaptación.

Se utilizarón 1000 ejemplos de entrenamiento y se iteró el número de capas primero de 1 en 1 hasta 20 capas, luego de 10 en 10 hasta 80 capas.

Resultados Primera Ronda

En la tabla 1 se muestran los candidatos cuya adaptación fué buena.

Capas	Epocas	Error	Adaptación
2	40	-0.05 - 0.05	Buena
5	138	-0.04 - 0.04	Buena
12	137	-0.04 - 0.06	Buena
15	139	-0.05 - 0.05	Buena
18	174	-0.50 - 0.15	Buena
40	79	-0.20 - 0.30	Buena

Cuadro 1 : Tabla de Candidatos para Controlador Neuronal

Resultados Segunda Ronda

Estos candidatos fueron sometidos a 5000 ejemplos de entrenamiento obteniendo los resultados mostrados en la tabla 2.

Capas	Epocas	Error	Adaptación
2	388	-0.03 0.02	Buena
5	653	-0.03 0.02	Buena
12	275	-0.05 0.05	Buena
15	218	-0.05 0.05	Mala
18	211	-0.1 0.15	Mala
40	288	-0.20 0.30	Mala

Cuadro 2 : Tabla de Resultados Candidatos para Controlador Neuronal con 5000 ejemplos

Selección de Controlador

Los candidatos de la segunda ronda fueron sometidos a una función de escogencia, en donde se asignó una ponderación de 1 a 10 para cada variable así: $Capas(c) = 10$, $Epocas(ep) = 5$, $Error(e) = 8$ y $Adaptacion(a) = (Buena=3, Media=2, Baja=1)$. El mejor candidato para este caso es aquel que obtenga mayor puntaje al evaluarlo con la función de escogencia. En la ecuación 1 se muestra la función de escogencia.

$$f(c, ep, \Delta e, a) = 10 * c^{-1} + 8 * ep^{-1} + 8 * \Delta e + a \quad (1)$$

Así el mejor candidato corresponde al controlador neuronal compuesto por 2 capas.

Controlador Difuso

Como alternativa frente al controlador PID se implementa un controlador difuso a la planta de purificación de agua establecida.

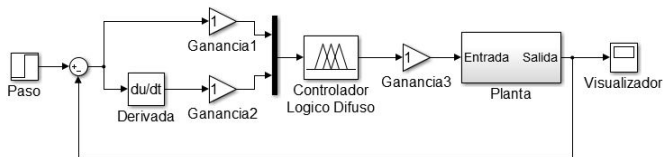


Figura 4 : Modelo de Control Difuso

Variables de Entrada

Según la información analizada sobre el comportamiento de la planta, se definieron las variables relevantes de entrada para el control difuso, así:

- **Nivel**, Esta se encuentra descrita a través de 3 atributos: **alto**, **estable** y **bajo**.
- **Velocidad**, Al igual que el caso anterior, se encuentra descrita a través de 3 atributos: **negativo**, **ninguno** y **positivo**.

Variables de Salida

Se pretende controlar la válvula con la que se permite el llenado del tanque y la dosificación del químico. Para esta válvula se definieron 5 atributos:

- cerrarRapido.
- cerrarEspacio.
- sinCambio.
- abrirEspacio.
- abrirRapido

Definición de Reglas

Reconociendo las variables de entrada y salida del sistema, se debe desarrollar un conjunto de reglas iniciales que permitan el control sobre la válvula de llenado del tanque. Las reglas se describen a continuación:

- Si el nivel es aceptable entonces la válvula esta sinCambio.
- Si el nivel es bajo entonces la válvula debe abrirRapido.
- Si el nivel es alto entonces la válvula debe cerrarRapido.
- Si el nivel es aceptable y la velocidad es positiva entonces la válvula debe cerrarLento.
- Si el nivel es aceptable y la velocidad es negativa entonces la válvula debe abrirLento.

Superficie de Control

El modelo difuso representado en la superficie de control se muestra en la figura 5

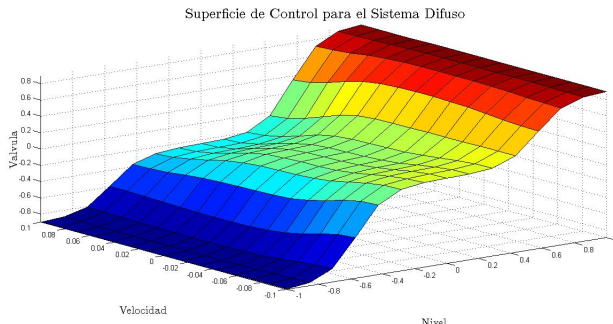


Figura 5 : Modelo de Planta Purificadora de Agua

Comparación de Resultados Cualitativos

En la figura 6 se muestra el resultado obtenido al implementar cada uno de los controladores diseñados.

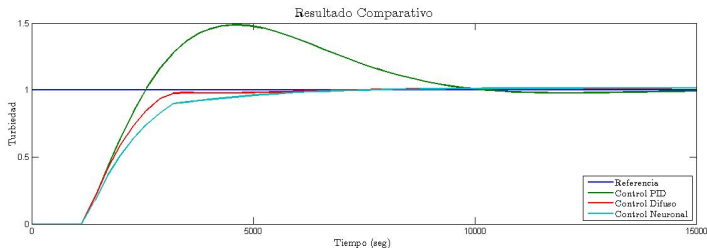


Figura 6 : Comparación Control PID, Neuronal y Difuso

Comparación de Resultados Cuantitativos

En la tabla 3 se muestra la comparación de sobreimpulso, tiempo de establecimiento y error estacionario para los 3 controladores desarrollados.

Controlador	Sobreimpulso	T. Establecimiento (seg)	Error Estacionario (%)
PID	50 %	16000	0.001
Difuso	No Presenta	10000	1.5
Neuronal	No Presenta	10000	1.6

Cuadro 3 : Tabla de Comparación de Resultados para los Controladores

Conclusiones

- A partir de los resultados finales obtenidos se puede concluir que el diseño del controlador lógico difuso implementado a la planta de purificación de agua residual es la mejor opción de control para el modelo, ya que no presenta sobreimpulso, su tiempo de establecimiento es similar al controlador neuronal predictivo y presenta el menor error porcentual.
- El controlador PID presenta el menor error estacionario porcentual a comparación del controlador lógico difuso y el controlador neuronal predictivo, pero como presenta sobreimpulso elevado y el tiempo de establecimiento es mayor frente a estos dos diseños es considerado el sistema de control más deficiente para la planta diseñada.

Referencias



KUMAR N.; MAJUMDAR S.; BABU M.

Automatic Control of Tidal Power Plant.
India. 2012.



Decui Tang and Xuefeng Zhu.

Modeling and Control of Water Purification Systems.
Guangzhou, December China. 2009.



XUAN WeiWu. AOYAMAL Tomoo. UMEMO Hidenori and NAGASHIMA Umpei.

Neural network expression for water purification in a river and the application to tamagawa in tokyo.
Korea. 2006.



Yandong Zhao. Junfu Zhang. Jinfeng Guan. Weilun Yin.

Study on precision water-saving irrigation automatic control system by plant physiology.
May Bijing, China. 2009.



Miyajima Y. Katou T. Inaba R. Kobayashi S.

A knowledge-based water purification control system.
May Japan. 1988.



Tae-Hwan H. Eui-Suck N. Kwang-Bang W.

Optimization of coagulant dosing process in water purification system.
Juli Japan. 1997.