

Diseño de un controlador de temperatura difuso

Yesid Santafé Ramón*

* Ingeniero Electrónico. Docente programa de Ingeniería Electrónica, UNISANGIL
yesidsantafe@hotmail.com

Resumen — El sistema de control para temperatura con que cuentan algunas plantas o incubadoras es ya obsoleto. En estos procesos sucede que si la temperatura ambiente en el cuarto donde se encuentra disminuye o aumenta, el interior también tiende a hacer lo mismo, haciendo necesaria una persona encargada (por lo general un operario) que tiene que verificar, mover algún tipo de control y esperar para saber si la temperatura en el interior se ajusta a un valor deseado según le indique la medición hecha con ayuda de un termómetro, además el rango de variación de dichos sistemas llega a ser de orden de varios grados. Colocando en riesgo la salud del operario o el producto que se está controlando.

En el presente artículo se pretende dar a conocer de una manera breve el diseño de un controlador difuso así como las pautas y conceptos a tener en cuenta para su diseño.

Palabras Claves Conjunto difuso, Lógica Difusa, Etiquetas lingüísticas.

I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de controladores térmicos (incubadoras, temperatura de líquidos para determinadas mezclas entre otros), en nuestro país por su antigüedad no cuentan con un sistema de control de temperatura que pueda garantizar un ambiente térmico neutro, además de esto, carecen de buenos sistemas de alarmas que den aviso a tiempo sobre cualquier eventualidad que ocurra en el habitáculo o planta. Para brindar las condiciones necesarias de seguridad, se hace necesario el diseño de nuevos controles de temperatura para dichos procesos ya que los equipos existentes son de difícil adquisición debido a sus costos.

Por los problemas descritos anteriormente surge la necesidad de diseñar un control de temperatura de mayor precisión y confiabilidad que aumente en gran medida las posibilidades de brindar ambientes neutros mediante la herramienta computacional como lo es Matlab.

II. CONCEPTOS BÁSICOS

A Conjuntos tradicionales

La teoría de la lógica difusa parte de la teoría de los conjuntos. Los conjuntos se conocen básicamente como grupos de objetos que pueden agruparse y tratarse similarmente. Diariamente se usan conjuntos para describir objetos, personas, etc.

Supóngase que se define el conjunto “personas de estatura media” como el grupo de personas con estatura entre 1.6 metros y 1.9 metros, y se define el conjunto “personas de estatura alta” como el grupo

de personas con estatura mayor a 1.9 metros. En este caso, la *función característica* del conjunto de personas con estatura media se puede definir como:

$$\text{Estatura media} = \begin{cases} 1 & \text{si } 1.6 \leq \text{estatura} \leq 1.9\text{m} \\ 0 & \text{si } 1.6\text{m} > \text{estatura} > 1.9\text{m} \end{cases}$$

Si ser parte del conjunto de personas de estatura media se toma como un 1, entonces se puede obtener el siguiente grafico a partir de la función característica:

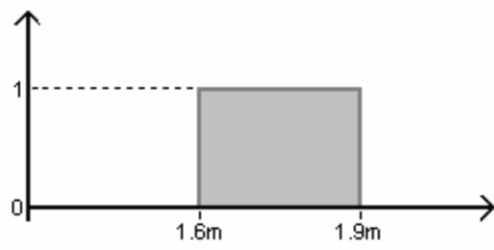


Fig. 1. Función característica del conjunto de personas de estatura media.

En este caso una persona que mida 1.91 metros se clasifica como de estatura alta, mientras que una persona de 1.9 metros se clasifica como de estatura media. Esto puede parecer ilógico, puesto que en la vida real la diferencia de estatura entre ellos puede ser casi imperceptible.

Para tener en cuenta esto, en vez del conjunto normal se puede definir el conjunto “personas de estatura media” como un conjunto difuso.

B. Conjuntos difusos

Los conjuntos difusos se distinguen de los conjuntos tradicionales en que un objeto puede pertenecer parcialmente a un conjunto, o hasta pertenecer parcialmente a varios conjuntos. En cuánto pertenece o no un objeto a un conjunto difuso se llama su *grado de pertenencia*, y este valor está definido por la *función de pertenencia* del conjunto, que por lo general se representa mediante la letra griega μ :
 $\mu(x)$ = grado de pertenencia

Retomando el ejemplo anterior, se puede definir un conjunto difuso “personas de estatura media”. Ahora, en vez de que alguna estatura pertenezca completamente (función característica = 1) o no pertenezca del todo (función característica = 0) al conjunto, una estatura cualquiera tiene un grado de pertenencia. El grafico de la función de pertenencia de este conjunto, que es el conjunto de grados de pertenencia para todas las estaturas posibles se puede apreciar en el siguiente gráfico:

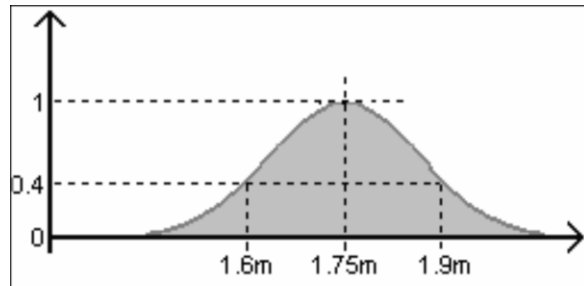


Fig. 2. Función de pertenencia del conjunto “personas de estatura media”.

De este gráfico se puede ver que la estatura 1.75m tiene un grado de pertenencia de 1, mientras que las estaturas 1.6m y 1.9m tienen un grado de pertenencia de 0.4.

Así mismo se puede definir un conjunto difuso “personas de estatura baja”, cuya función de pertenencia se puede ver en la siguiente figura:

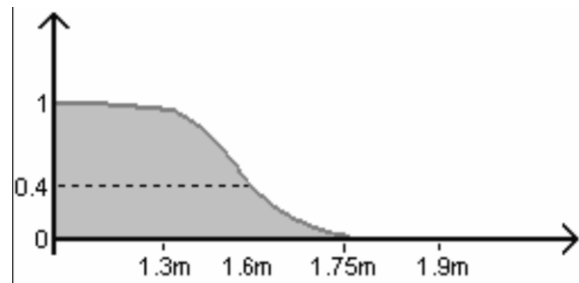


Fig. 3 .Función de pertenencia del conjunto “personas de estatura baja”

De estos dos conjuntos difusos definidos anteriormente se puede señalar una característica importante de los conjuntos difusos: un solo valor puede ser miembro de varios conjuntos difusos a la vez, con el mismo o diferente grado de pertenencia. De hecho, *cualquier* estatura pertenece al conjunto difuso de estaturas medias o al conjunto difuso de estaturas bajas.

Por ejemplo una estatura de 2.1m pertenece al conjunto de estaturas medias y al conjunto de estaturas bajas con un grado de pertenencia de 0. La estatura 1.6m pertenece al conjunto de estaturas medias y al conjunto de estaturas bajas, ambos con grado de pertenencia de 0.4.

Finalmente, otro punto importante que cabe mencionar es que los conjuntos difusos no requieren tener una ecuación matemática precisa de su función de pertenencia, sino que pueden tener descripciones lingüísticas. Esto es parte fundamental de la utilidad que tiene usar lógica difusa en controladores, puesto que una planta se puede describir funcionalmente y no matemáticamente. Con esto se puede simular la experiencia, conocimiento y forma de pensar de un controlador humano utilizando una máquina.

C. Funciones de pertenencia

Aunque en principio cualquier función sería válida para definir conjuntos difusos, en la práctica hay ciertas funciones típicas que siempre se suelen usar, tanto por la facilidad de computación que su uso

conlleva como por su estructura lógica para definir su valor lingüístico asociado. Las funciones más comunes son:

Las funciones L y GAMMA se usan para calificar valores lingüísticos extremos, tales como bebé o anciano, respectivamente. Las funciones PI y LAMBDA se usan para describir valores intermedios (como joven, de mediana edad, maduro). Su principal diferencia reside en que la función PI implica un margen de tolerancia alrededor del valor que se toma como más representativo del valor lingüístico asociado al conjunto difuso.

D. Etiquetas lingüísticas

La idea básica sugerida por Zadeh [5] es que una etiqueta lingüística tal como "muy", "más o menos", "ligeramente", etc... Puede considerarse como un operador que actúa sobre un conjunto difuso asociado al significado de su operando. Por ejemplo en el caso de un término compuesto "muy alto", el operador "muy" actúa en el conjunto difuso asociado al significado del operando "alto". Una representación aproximada para una etiqueta lingüística se puede lograr en términos de combinaciones o composiciones de las operaciones básicas explicadas en la sección anterior. Es importante aclarar que se hará mayor énfasis en que estas representaciones se proponen principalmente para ilustrar el enfoque, más que para proporcionar una definición exacta de las etiquetas lingüísticas. Zadeh[5] también considera que las etiquetas lingüísticas pueden clasificarse en dos categorías que informalmente se definen como sigue:

Tipo I: las que pueden representarse como operadores que actúan en un conjunto difuso: "muy", "más o menos", "mucho", "ligeramente", "altamente", "bastante", etc.

Tipo II: las que requieren una descripción de cómo actúan en los componentes del conjunto difuso (operando): "esencialmente", "técnicamente", "estrictamente", "prácticamente", "virtualmente", etc...

E. Desfuzificación

(Transformación de un conjunto difuso en un valor real). La principal aplicación de los sistemas de razonamiento difuso es el control de dispositivos, que normalmente precisan de una salida nítida (acción de control). Existen diversas alternativas para transformar un valor difuso en nítido (proceso que en inglés se llama defuzzification y en español podríamos llamar desfuzificación).

III DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso seleccionado es un sistema de segundo orden, que para el caso se toma como un proceso de térmico, en el que pretende diseñar un controlador lógico fuzzy (FLC) que se detalla de la siguiente forma:

Existe un rango de temperatura en el que se pretende mantener constante para un líquido, esta temperatura varía desde 10°C hasta los 60°C, queriendo mantenerla fija en los 35°C, con el fin de que el líquido no pierda las características necesarias para la que es requerida.

Como se puede ver en la figura numero 5 nos podemos dar cuenta que el sistema en si es estable y la función que va tener el controlador es solo hacer que este funcione más rápido.

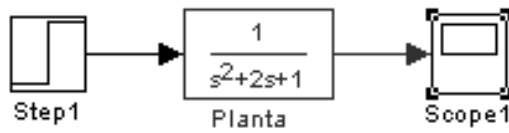


Fig. 4 Simulación planta

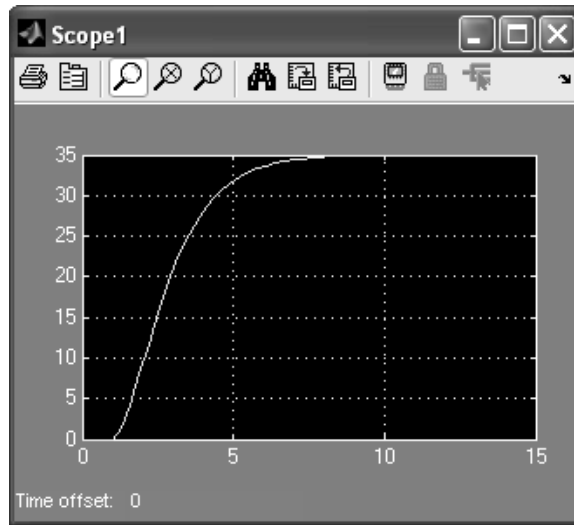


Fig. 5 Respuesta simulación planta

IV CONTROLADOR DIFUSO

El modelado del sistema de control difuso se realizó con ayuda del fuzzy logic toolbox de MATLAB, que permite crear y editar sistemas difusos (FIS: Fuzzy Inference System) usando herramientas gráficas y desde la línea de comandos.

La inferencia que se utilizó fue del tipo Mandami, que considera las funciones de pertenencia de la salida como conjuntos borrosos, el método de implicación es el mínimo y el de agregación el máximo, la defuzificación se hizo por medio del bisector.

A. Variables de entrada

La primera entrada del controlador no es la medición obtenida en el sensor de temperatura, sino el error (e), diferencia entre el valor medido por el sensor (y) y un valor de referencia (r) establecido como punto de control:

$$e(k) = y(k) - r$$

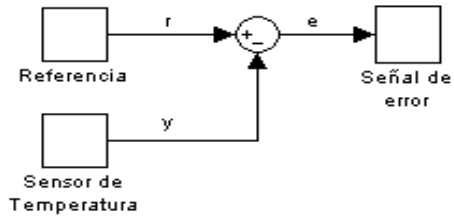


Fig. 6 Señal de Error

El universo de discurso de la entrada ERROR se encuentra definido en el intervalo [-1,1], con tres, cinco y siete funciones de pertenencia, con las siguientes etiquetas lingüísticas: (FRIA , NORMAL CALIENTE) ,(MUY-NEG, ALGO-NEG, CERO, ALGO-POS Y MUY-POS) Y (MUY ESCASA MEDIO/ESCASA, ESCASA, MEDIA, MEDIA/ALTA ALTA, MUY ALTA)

La segunda entrada del controlador es la variación que el error va presentando, llamada también derivada del error:

$$\Delta e(k) = e(k) - e(k-1)$$

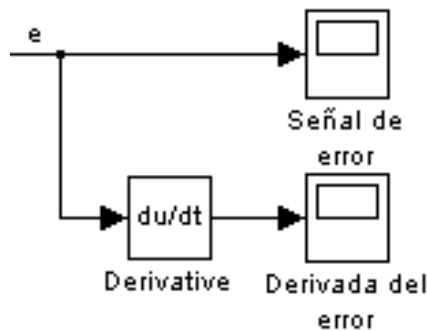


Fig. 7 Señal Derivada del error

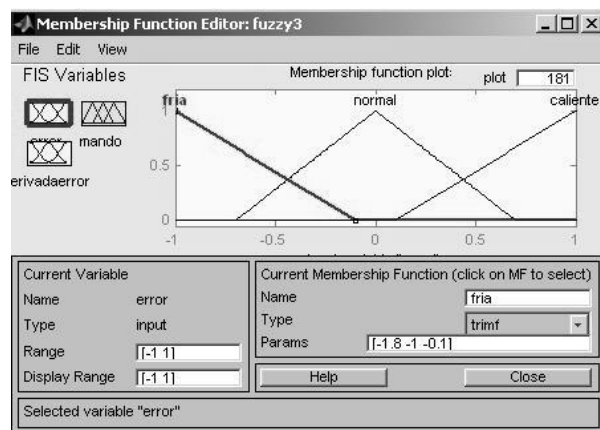


Fig. 8 Error 3*3

El universo de discurso de la entrada DERIVADA DEL ERROR se encuentra definido en el intervalo $[-.01,0.01]$, con tres, cinco y siete funciones de pertenencia como se aprecia posteriormente.

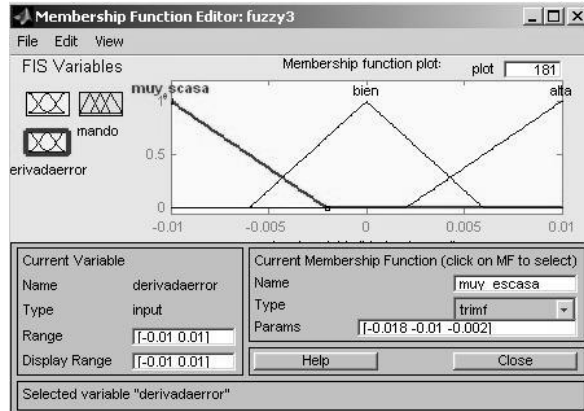


Fig. 9 Derivada del Error 3*3

La salida del controlador (u) es una señal que representa al acción a aplicar cuando el valor medido “ y ” se desvía del valor de referencia r . El universo de discurso de la SALIDA se encuentra definido en el intervalo $[10,200]$, con tres, cinco y siete funciones de pertenencia, como se muestran a continuación.

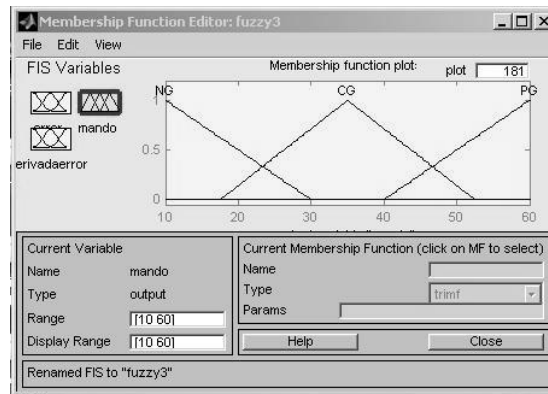


Fig. 10 Mando(Temperatura) 3*3

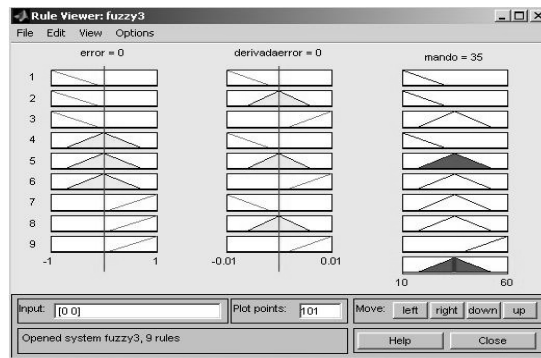


Fig. 11 Reglas 3*3

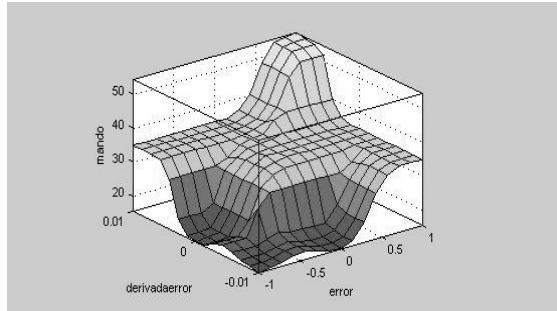


Fig. 12 Respuesta de las reglas 3*3

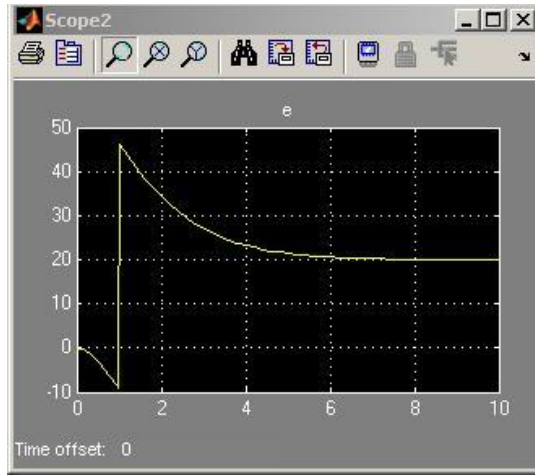


Fig. 13 Error a 55°

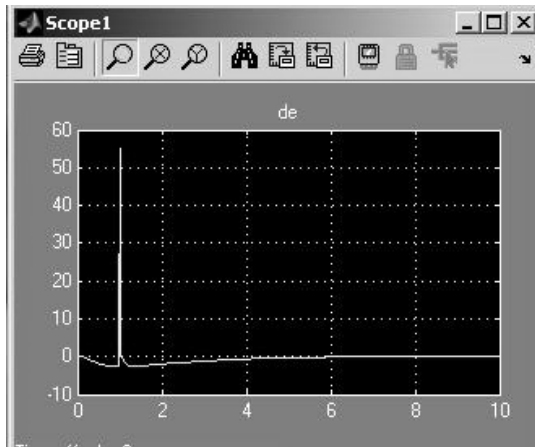


Fig. 14 Derivada del error a 55°

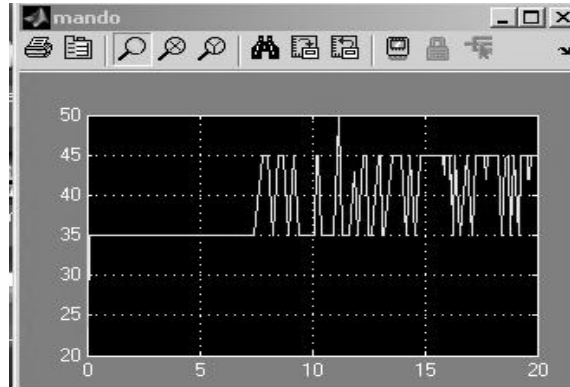


Fig. 14 Mando a 3*3

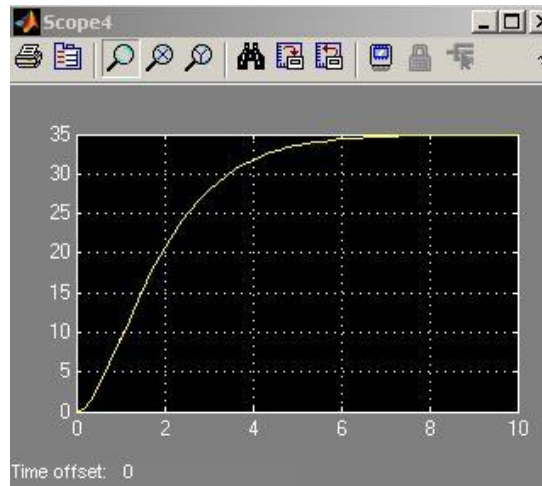


Fig. 15 Salida de temperatura 3*3

V CONCLUSIONES

Al ingresar los controladores Fuzzy tipo Madani de 3*3, 5*5 y 7*7 los resultados obtenidos se evidenciaron a la salida de la planta mejorando el tiempo de respuesta y por ende de estabilización.

El método de desfuzzycacion fue el bisector ya que con el se obtuvieron los mejores resultados y el procesamiento se realizó en forma más rápida.

Con el método centroide se encontraron problemas, como el de velocidad de procesamiento, que no permitieron observar las respuestas de la planta.

Se pudo comprobar que el control Fuzzy diseñado, mantiene la temperatura a 35° centígrados sin importar que la entrada este por encima o por debajo del valor referenciado.

REFERENCIAS

- [1] *Kevin M. Passino. Fuzzy control. Addison. Wesley 1998 Addison Wesley Longman, Inc., 2725 Sand Hill Road, Menlo Park, California.*
- [2] *Kart Johan . Feedback Fundamentals, Introduction to control, 2002, Princeton University Press and copyrighted*
- [3] *Faulkenberry L.M. Introducción a los amplificadores operacionales con aplicaciones a circuitos lineales.*
- [4] *Antonio Creus Sole. Control de procesos industriales, criterios de implementación, 1988 España: Marcombo, 1988, 150 pag.*
- [5] *L.A. Zadeh, Fuzzy Sets, Information and Control. Volumen 8. (1965) 338-353. Available online 29 November 2004.*
- [6] *Mathworks. MATLAB. User Manual, July 2000. Mathworks. Fuzzy logic toolbox MATLAB, User guide.*
- [7] *A.R. San Vicente. Diseño y construcción de un controlador de temperatura para incubadora. Instituto tecnológico y de estudios superiores de Monterrey. Congreso Latinoamericano de ingeniería biomédica, Cuba Mayo. ISBN:959-7132-57-5 2001*
- [8] *Factores de riesgo asociados portabilidad infantil, Hospital Universitario Ramón González Valencia. 2002*
- [9] *Jordi Mayné. Sensores, Acondicionadores y Procesadores de señal. Silica, España.*