



Control Inteligente

Ingeniería Mecatrónica

SubTemas

- 1.1 Introducción al control difuso
- 1.2 Teoría de conjuntos difusos
- 1.3 Representación del conocimiento
- 1.4 Razonamiento aproximado
- 1.5 Sistemas de inferencia difusos

2



Tema 1.1 Introducción al control difuso

Tópicos

- Retos de control automático
 - Máquinas y control inteligentes
 - 30 años de control inteligente
 - Inteligencia computacional
 - Control difuso
 - Sistema de inferencia difuso
 - Variables lingüísticas y conjuntos difusos
 - Sistemas difusos
 - Lazo simple de control difusa
- Pensamiento difuso

3



Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Retos de control automático (1/2)

- El control tradicional (clásico retroalimentado, teoría de control moderno, teoría de control de sistema de gran escala, etc.) es insuficiente para el desarrollo de máquinas y procesos inteligentes:
- El diseño y análisis está basado en modelos precisos de la planta que son muy difíciles de obtener y caros.
 - Muchas de las hipótesis utilizadas en el diseño y análisis son críticas y difícilmente se dan en la práctica.

4

Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Retos de control automático (2/2)

- Para mejorar el desempeño de los procesos los sistemas de control se vuelven más complejos, disminuyendo su confiabilidad.

Solución?...

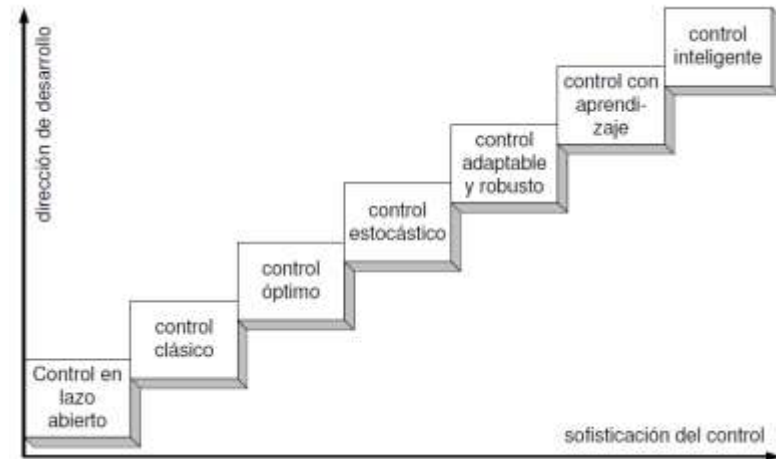
incorporar inteligencia en los sistemas de control:

control inteligente

5

Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Desarrollo del control automático



Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Máquina Inteligente

Puede llevar a cabo tareas antropomórficas autónomamente o con la mínima interacción humana en ambientes estructurados o no, y familiares o no.



Antropomorfismo, es la atribución de características y cualidades humanas a animales, objetos o fenómenos naturales.

7

Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Control Inteligente

Proceso rector de una máquina inteligente para lograr su meta en forma automática:

Clase de control automático de una máquina (o planta) que le permite lograr sus metas sin ninguna o con mínima interacción humana.



8

Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Control Inteligente: Los primeros 30 años

1965 Lotfi Zadeh, publicó su famoso artículo “Conjuntos difusos”.

1967 C.T. Leondes acuña el término “control inteligente”.

1971 K.S. Fu publica “Learning control system and intelligent control system: an intersection of artificial intelligence and automatic control”.

1979 G.N. Saridis establece que **AI** puede proporcionar el nivel más alto en una estructura de control.

9

Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Control Inteligente: Los primeros 30 años

1986 K.J. Astrom publica “Expert control”.

1989 C.W. De Silva propone el control basado en conocimiento.

1993 P.J. Antsaklis y K.M. Passino publican “An introduction to intelligent and autonomous control”.

1996 L.A. Zadeh establece los roles de las técnicas de inteligencia computacional (soft-computing) en el desarrollo de sistemas inteligentes.

10

MC Enrique Martinez Peña

Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Inteligencia computacional

Es una clase de computación que tiende a emular la capacidad de la mente humana para razonar y aprender bajo las condiciones de incertidumbre e imprecisión del mundo real.

La IC comprende un conjunto de metodologías que explotan la tolerancia a la imprecisión, incertidumbre y verdad parcial para lograr tratabilidad, robustez, bajo costo de solución y un mejor empate con la realidad.

11

Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Metodología de Soft-computing

Metodología	Roles
Sistemas difusos	Representación del conocimiento, razonamiento aproximado basado en reglas y cómputo con palabras.
Redes neuronales	Identificación, aprendizaje y adaptación.
Algoritmos genéticos	Sistematización de búsquedas aleatorias y optimización
Razonamiento probabilístico	Razonamiento evidencial, tratamiento de la incertidumbre.

12

MC Enrique Martinez Peña

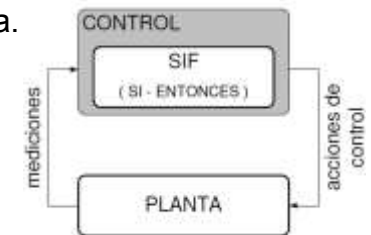
■ Devenir histórico de AI y Soft-computing

Década	AI	RNAs	FIS	Bio-prog
1940	47 Cibernética	43 Modelo neurona McCulloch-Pitts		
1950	56 Inteligencia artificial	57 Perceptrón		
1960	60 Lenguaje LISP	60 Adaline, Madaline	65 Conjuntos difusos	
1970	75 Sistemas expertos	74 Inicio retro-propagación 75 Cognitrón, Neocognitrón	74 Controlador difuso	70 Algoritmos genéticos
1980	85 AI distribuida	80 Mapeo auto-organizante 82 Red Hopfield 83 Máquina Boltzman 86 Boom retro-propagación	85 Modelos difusos (TSK)	85 Modelado sistema inmune
1990	92 Agentes inteligentes		90 Modelos neuro-difusos	90 Programación evolutiva

Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Control difuso

Análisis y diseño de sistemas de control basados en sistemas de inferencia difusos, los cuales permiten transformar el conocimiento humano sobre el control de una planta, expresado en forma de reglas SI-ENTONCES, en una relación matemática para el cálculo de acciones de control a partir de las mediciones de la planta.



Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Sistema de inferencia difuso

Sistema que emula los mecanismos del razonamiento humano para obtener conclusiones válidas empleando un conjunto de reglas de procedimiento del tipo SI-ENTONCES.

Las reglas forman la BASE DE CONOCIMIENTOS.

Es un modelo basado en el razonamiento humano (lingüístico, simples, rápidos, buenos en la práctica).

15

Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Sistema de inferencia difuso



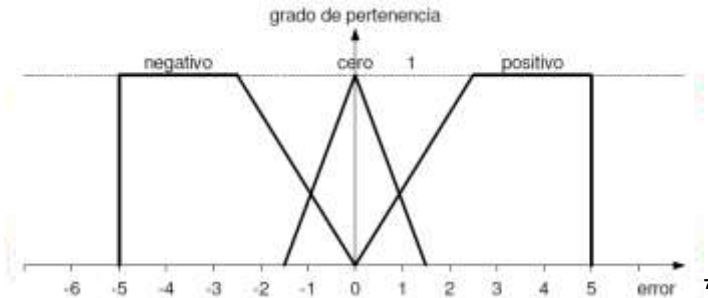
Las entradas y las salidas son variables lingüísticas.

16

Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Variables lingüísticas y conjuntos difusos

Las variables lingüísticas toman valores que se representan como funciones de pertenencia, las cuales también son una representación de un conjunto difuso.



Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Sistemas difusos

El fusificador y el defusificador se añaden a un sistema de inferencia difuso para procesar entradas y salidas numéricas reales:

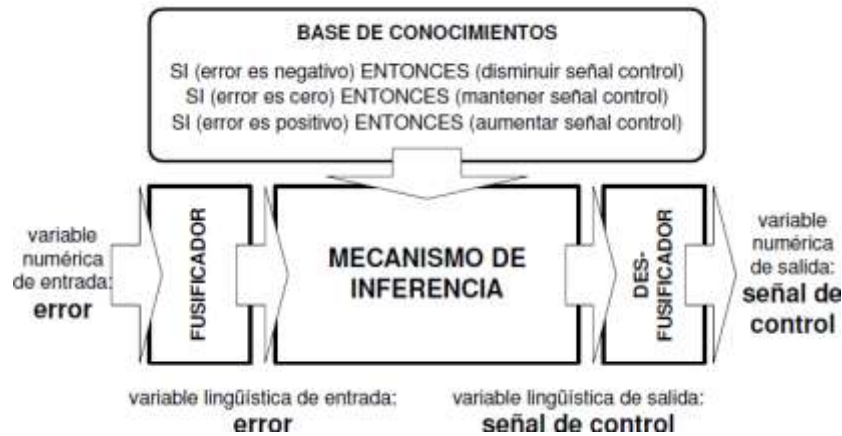
- **Fusificador:** convertidor numérico a lingüístico.
- **Defusificador:** convertidor lingüístico a numérico.

... el sistema difuso puede usarse en sistemas de control.

18

Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Sistemas difusos

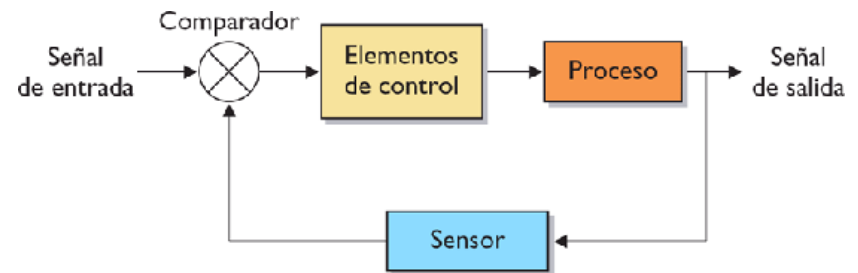


19

Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Lazo simple de control difuso

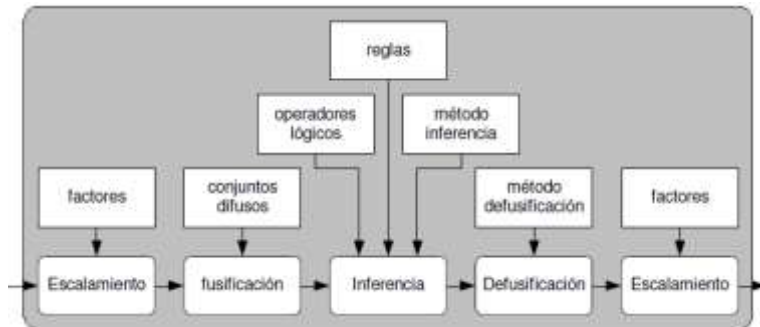
Lazo de control por computadora:



20

Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ Detalle del controlador difuso



21

Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ ¿Qué es el pensamiento difuso?

Los expertos muchas veces utilizan el sentido común cuando resuelven problemas.

¿Cómo podemos representar el conocimiento experto que utiliza términos vagos y ambiguos en una computadora?

La Lógica Difusa (LD) no es una lógica que sea difusa, sino una lógica que nos ayuda a describir cosas difusas. La LD es una teoría de conjuntos difusos, conjuntos que calibran la vaguedad.

22



Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ El pensamiento difuso (1/4)

La LD se basa en la idea de que todas las cosas son graduales. Temperatura, altura, velocidad, distancia, belleza –todas vienen en una escala graduada.

Ejemplo 1. El motor esta corriendo realmente rápido.

Ejemplo 2. Tomás es un chico muy alto.

23



Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ El pensamiento difuso (2/4)

La lógica Booleana utiliza distinciones muy tajantes. Nos obliga a trazar una línea entre los miembros de una clase y los no miembros.

Por ejemplo, podemos decir que **Tomás** es alto porque mide 181 cm. Si colocamos una línea a los 180 cm, encontraremos que **David** que mide 179 cm es bajo.

¿Realmente David es una persona baja o solo hemos dibujado una línea arbitraria en la arena?

24



Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ El pensamiento difuso (3/4)

La Lógica Difusa refleja como piensan las personas. Esto nos ayuda a modelar el sentido de nuestras palabras, nuestra toma de decisiones o nuestro sentido común. Como resultado esto nos lleva a nuevos y más humanos sistemas inteligentes.

25



Tema 1.1 Introducción al control difuso

■ El pensamiento difuso (4/4)

La lógica difusa o multi-valuada fue introducida en 1930's por Jan Lukasiewicz, un filosofo Polaco. Mientras que la lógica clásica solo operaba con dos valores, 1 (verdadero) y 0 (falso), Lukasiewicz introdujo una lógica que extendía el rango de los valores de verdad a todos los números reales en el intervalo entre 0 y 1. El utilizó un número de este intervalo para representar la posibilidad de que cierta sentencia fuese cierta o falsa. Por ejemplo, la posibilidad de que un hombre de 181 cm de estatura es realmente alto debe ser un valor de 0.86. Es similar a decir que el hombre es alto.

26