

# Control borroso

## Robótica

Alberto Díaz y Raúl Lara

Curso 2022/2023

Departamento de Sistemas Informáticos

License CC BY-NC-SA 4.0

# Recordatorio de lógica borrosa

---

Se puede considerar una extensión de la teoría clásica de conjuntos:

- En esta teoría, los elementos pertenecen o no a un conjunto
- Función característica:  $f(x) = 1$  si  $x \in A$  y  $f(x) = 0$  si  $x \notin A$

Trata información a priori imprecisa en términos de conjuntos borrosos:

- Los elementos pertenecen a un conjunto con un grado de pertenencia.
- Función de pertenencia:  $f(x) = \mu(x) \in [0, 1]$

Los conjuntos borrosos se agrupan en particiones

- Una partición se define sobre una variable denominada lingüística.

# Definiciones

---

**Variable lingüística**: Variable cuyos valores son términos en lenguaje natural.

**Partición borrosa**: Todos los conjuntos borrosos de una variable lingüística.

**Función de pertenencia**: Determina el grado de pertenencia de un elemento a un conjunto borroso (en tanto por uno).

---

*Ejemplo: La variable lingüística  $precio$  puede tomar los valores  $precio \equiv \{barato, normal, caro\}$ . Estos serán tres conjuntos borrosos, cada uno con las funciones de pertenencia  $\{f_{barato}(x), f_{normal}(x)$  y  $f_{caro}(x)\}$ .*

---

# Operaciones borrosas

---

**Complemento**:  $f'_{barato}(x) = 1 - f_{barato}(x)$

***t*-normas** (intersección)

- Mínimo:  $f_{barato} \cap f_{normal} = \min(f_{barato}, f_{normal})$
- Producto algebraico:  $f_{barato} \cap f_{normal} = f_{barato} \cdot f_{normal}$

***t*-conormas** (unión)

- Máximo:  $f_{barato} \cup f_{normal} = \max(f_{barato}, f_{normal})$
- Suma algebraica:  $f_{barato} \cup f_{normal} = f_{barato} + f_{normal} - f_{barato} \cdot f_{normal}$

La **inferencia** ( $\rightarrow$ ) se suele definir como la operación de **intersección**.

# Reglas borrosas

---

Son reglas que relacionan varios antecedentes con consecuentes, donde:

- Antecedentes: Conjuntos borrosos de entrada
- Consecuentes: Conjuntos borrosos de salida

---

***Si** el precio es barato **Y** la calidad es mala **entonces** la satisfacción es baja.*

---

Se agrupan en una **base de reglas**, las cuales pueden ser de varios tipos:

- De tipo Mandani: **Si**  $V_1$  es  $F_i^{V_1}$  **Y**  $V_2$  es  $F_j^{V_2}$  **Y** ... **entonces**  $V_o$  es  $F_k^{V_o}$
- De tipo Sugeno: **Si**  $V_1$  es  $F_i^{V_1}$  **Y**  $V_2$  es  $F_j^{V_2}$  **Y** ... **entonces**  $V_o = f(\vec{x})$

# ***Fuzzification y defuzzification***

---

**Fuzzification** : Convertir valores de entrada concretos en conjuntos borrosos.

- Es basicamente aplicar las funciones de pertenencia a los valores de entrada.

**Defuzzification** : Convertir conjuntos borrosos en valores de salida concretos.

- Existen muchas técnicas para realizar esta operación.
- Las más comunes son el centroide y el centroide simplificado

## **Centroide**

$$y = \frac{\int y \cdot \mu(y) dy}{\int \mu(y) dy}$$

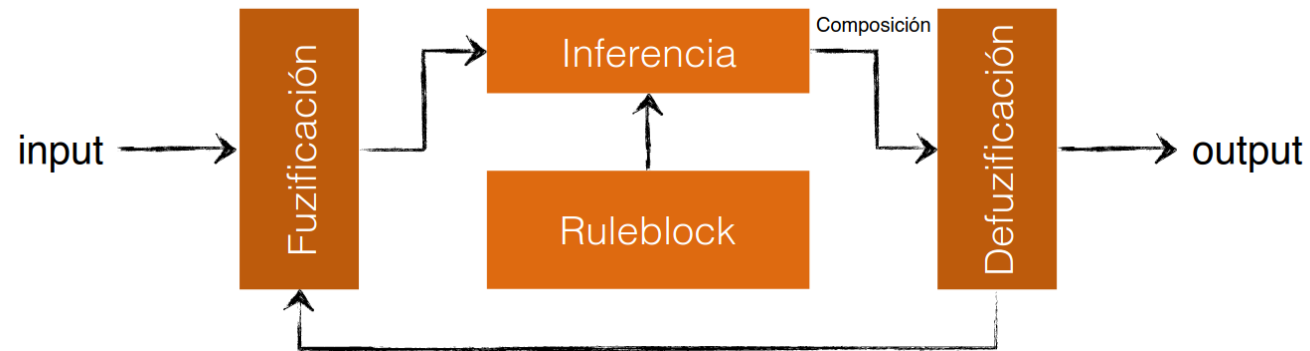
## **Centroide simplificado**

$$y \approx \frac{\sum y \cdot \mu(y)}{\sum \mu(y)}$$

# Controlador borroso

---

Es un sistema de control que se apoya en la lógica borrosa como sigue:



1. Toma la entrada al sistema.
2. Pasa los valores a pertenencia a conjuntos borrosos (*fuzzification*)
3. Infiere conjuntos de borrosos de salida haciendo uso de las reglas borrosas.
4. Pasa los conjuntos borrosos de salida en valores concretos (*defuzzification*)
5. Aplica la salida al sistema a controlar.

**¡GRACIAS!**