



Sistemas de inferencia difusos

- Modificadores lingüísticos
- Funcionamiento de un Sistema Difusos
- Proceso de inferencia difuso

2. Variables lingüísticas

- La LD concierne a la cuantificación y razonamiento sobre términos ambiguos que aparecen en el lenguaje cotidiano. Esos términos son denominados **variables lingüísticas** y describen informaciones que normalmente están disponibles de forma cualitativa.

➤ Ejemplo de variables lingüísticas :

Variable lingüística	Información
temperatura	caliente, tibio, frío
estatura	baja, media, alta
velocidad	lenta, normal, rápida

- Una variable lingüística representa información de la cual no tenemos una definición concreta o que no se puede describir en términos numéricos.

2. Variables lingüísticas

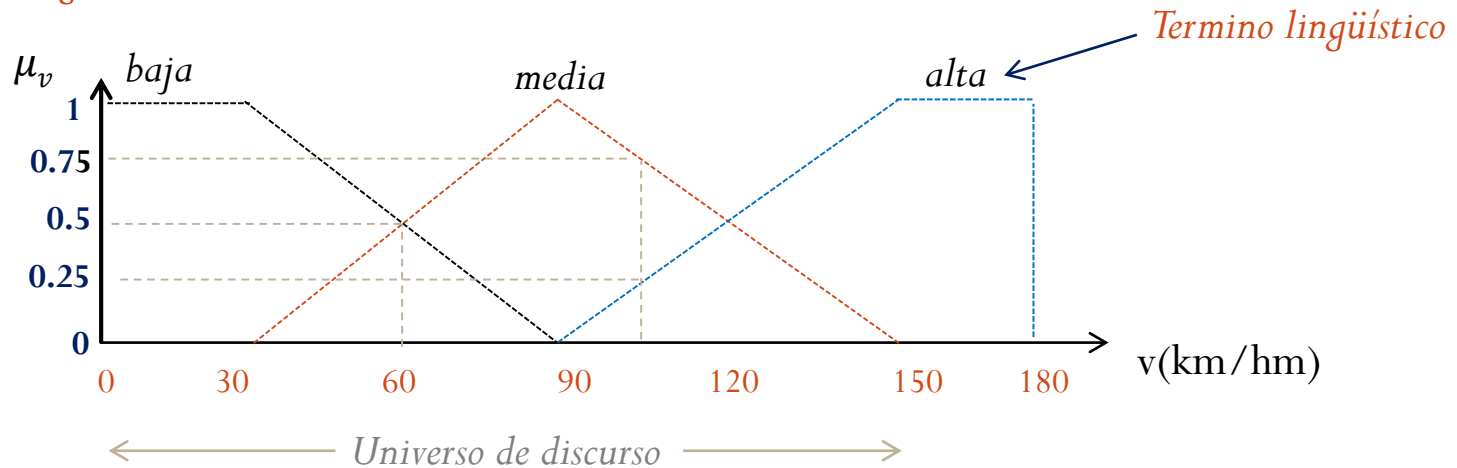
Una variable lingüística se forma de los siguientes elementos:

- **Nombre de la variable (x):** Es la etiqueta asociada a una variable lingüística en particular.
- **Conjunto de términos (T_x):** Son los nombres asociados a los valores lingüísticos de su variable lingüística.
- **Universo de Discurso (U_x):** Es el dominio (espacio) en que cada variable lingüística está definida.
- **Funciones de Pertinencia (μ_x):** Son los conjuntos difusos que representan cada valor perteneciente al conjunto de términos de la variable lingüística.

2. Variables lingüísticas: ejemplo

- Por ejemplo: Sea la variable lingüística **Velocidad**, representada por:

Variable lingüística \longrightarrow **Velocidad**



- Para este ejemplo se tiene que:
 - Nombre de la variable: $x = \{\text{Velocidad}\}$
 - Conjunto de términos: $T_x = \{\text{baja, media y alta}\}$
 - Universo de Discurso: $U_x \in [0; 180]$
 - Funciones de Pertenencia: Son dadas por las funciones triangulares y trapezoidales mostradas en la figura.

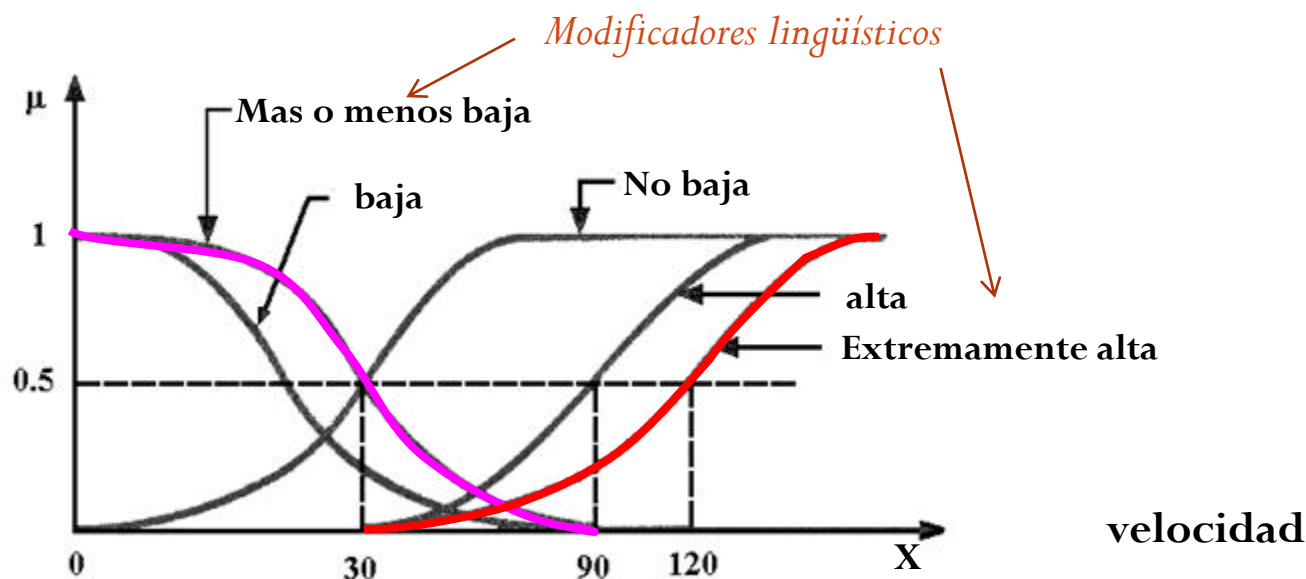
2. Variables lingüísticas

Modificadores lingüísticos

- Equivalentes a los adverbios del lenguaje natural y se utilizan para **modificar las variables lingüísticas**

Por ejemplo, *baja* → *Mas o Menos* ↑ (Dilatación)

alta → *Extremamente* ↓ (Contracción)



“Mas o menos” y “Extremamente” son **modificadores lingüísticos** que preceden al término primario velocidad baja y alta.

3. Operaciones con variables lingüísticas

- Los principales operaciones entre variables lingüísticas se realiza mediante **conectivos**: {"Y", "O", "NO"}; y también por intermedio de algunos **modificadores**, como: "más o menos", "más", "menos" "demasiado", "extremadamente", etc.

A. Conectivos

- Los **Conectivos**, se usan para componer relaciones lógicas entre los términos de las variables lingüísticas, y se definen por medio de los operadores de **intersección** (T-norma), **unión** (S-norma) y complemento. Por ejemplo:
 - Si la velocidad es "alta" **Y** la aceleración es "media"
Entonces la presión en el freno es "alta".
 - Si la velocidad es "media" **O** la aceleración es "alta"
Entonces la presión en el freno es "promedio".

3. Operaciones con variables lingüísticas

➤ Operadores para los conectivos “Y”, “O”

- El resultado de la aplicación del conectivo “Y”, “O” entre dos términos A y B, se forma con todos los valores de pertenencia retornados a partir de la aplicación del operador **T-norma (min)** y **S-norma(max)** sobre $\mu_A(x)$ y $\mu_B(x)$.

$$\mu_A(x) \text{ Y } \mu_B(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

$$\mu_A(x) \text{ O } \mu_B(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

➤ Operador para el conectivo “NO”

- Para el conectivo “NO”, se usa el operador de complemento:

$$\text{NO } (\mu_A(x)) = 1 - \mu_A(x)$$

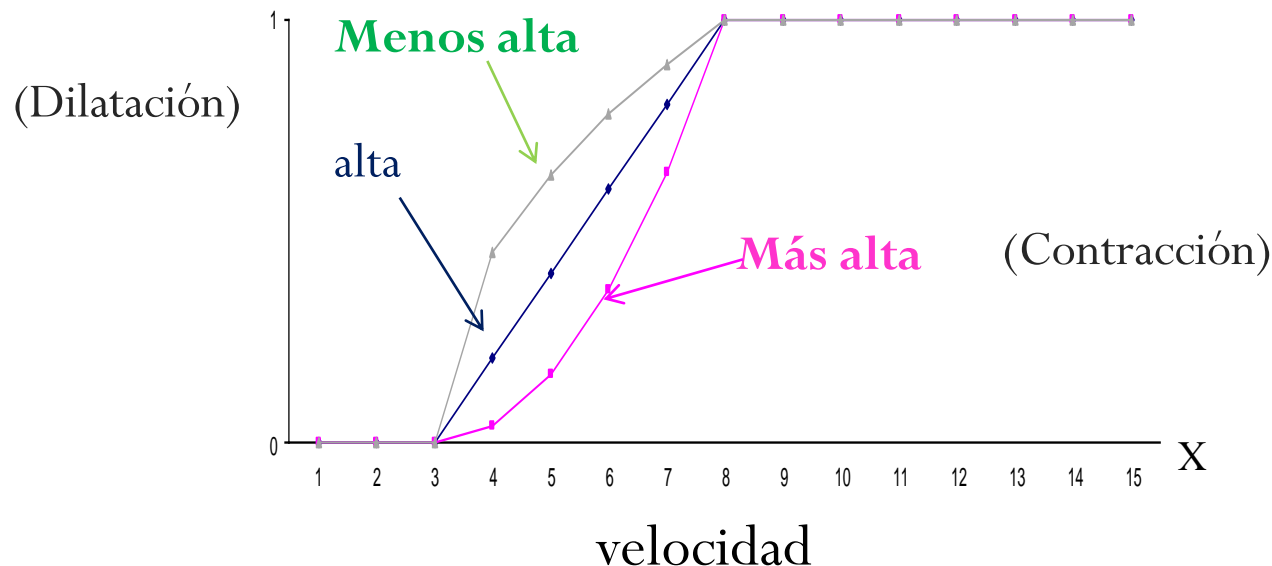
3. Operaciones con variables lingüísticas

B. Modificadores

- Los **Modificadores**, aproximan más la información que se quiere representar. Por ejemplo: “mas”, “menos”, cuando se aplican al conjunto difuso que representa **velocidad**, puede ser definido por:

$$\text{MAS} \rightarrow \mu_A(x) = ((\mu_A(x))^2$$

$$\text{MENOS} \rightarrow \mu_A(x) = (\mu_A(x))^{1/n} \text{ para } n > 1$$



3. Operaciones con variables lingüísticas

Otros Modificadores

- Otros adverbios/modificadores pueden componerse entre sí, obteniendo múltiples combinaciones para representar enunciados complejos, por ejemplo: “Juan es mucho más que alto”.
- Existe todo un catálogo de funciones modificadoras, las principales son:

Nombre del modificador	Función
algo (somewhat)	$\mu(x)^{1/3}$
más o menos	$\mu(x)^{1/2}$
menos	$(\mu_A(x))^{1/n}$ para $n > 1$
mas, muy (more)	$\mu(x)^2$
Extremadamente	$\mu(x)^3$

3. Operaciones con variables lingüísticas: Ejemplos



- Ejemplo 1: Para los términos A y B, definidos en el universo de discurso $X = \{-2, -1, 0, 1, 2\}$, se tiene los siguientes grados de pertenencia:

$$A = \{0.1/-2 + 0.6/-1 + 0.4/0 + 0.3/1 + 0.9/2\}$$

$$B = \{0.4/-2 + 0.3/-1 + 0.8/0 + 0.9/1 + 0.0/2\}$$

Utilizando los operadores “min” y “max”, calcular las siguiente operaciones:

a) $\mu_A(x) \text{ } Y \text{ } \mu_B(x) = \{0.1/-2 + 0.3/-1 + 0.4/0 + 0.3/1 + 0.0/2\}$ (mínimo)

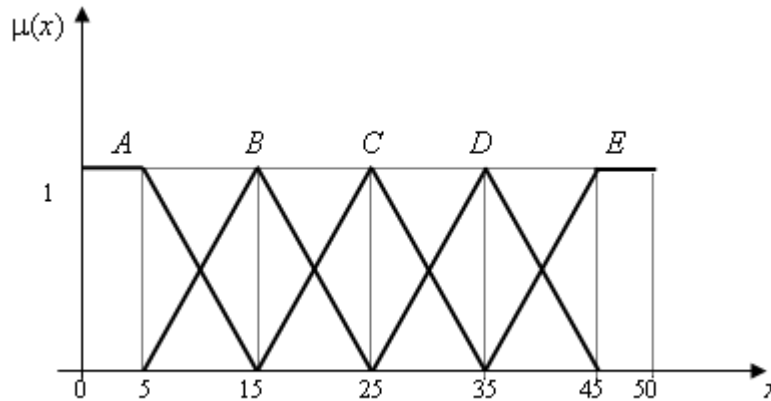
b) $\mu_A(x) \text{ } O \text{ } \mu_B(x) = \{0.4/-2 + 0.6/-1 + 0.8/0 + 0.9/1 + 0.9/2\}$ (máximo)

c) $NO \mu_A(x) = \mu_{\bar{A}}(x) = \{0.9/-2 + 0.4/-1 + 0.6/0 + 0.7/1 + 0.1/2\}$

3. Operaciones con variables lingüísticas: Ejemplos



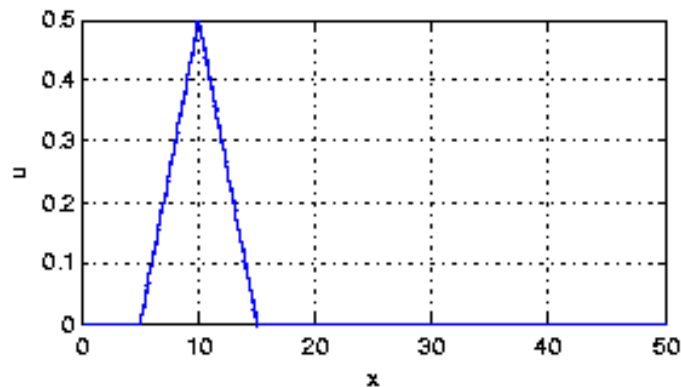
- Ejemplo 2: Dados 5 términos A, B, C, D y E que representan la temperatura(x) de un proceso industrial:



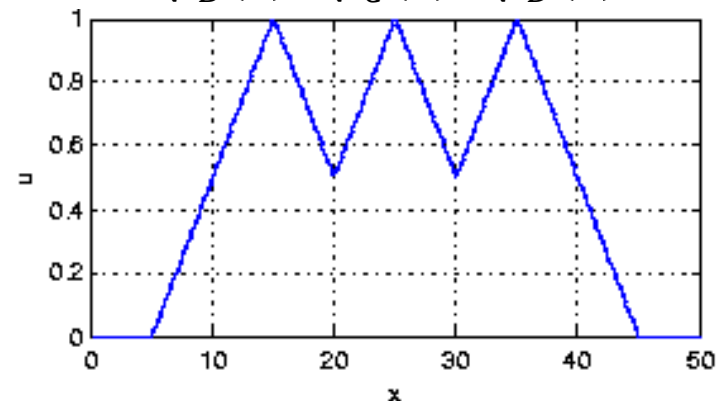
A → Muy Baja
B → Baja
C → Media
D → Alta
E → Muy Alta

- Realice las siguientes operaciones:

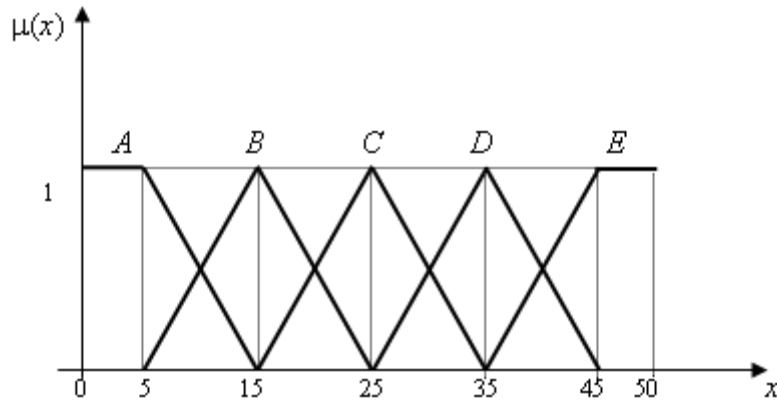
a) “Muy baja” **Y** “Baja” → $\mu_A(x) \mathbf{Y} \mu_B(x)$



b) “Baja” **O** “Media” **O** “Alta”
→ $\mu_B(x) \mathbf{O} \mu_C(x) \mathbf{O} \mu_D(x)$

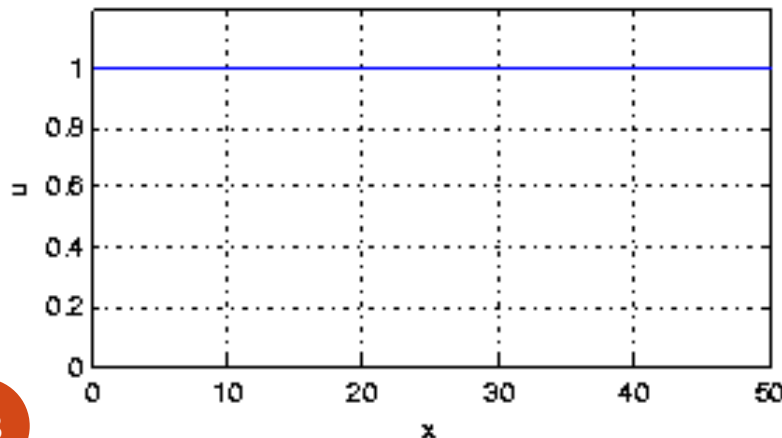


3. Operaciones con variables lingüísticas: Ejemplos



$A \rightarrow$ Muy Baja
 $B \rightarrow$ Baja
 $C \rightarrow$ Media
 $D \rightarrow$ Alta
 $E \rightarrow$ Muy Alta

c) **NO** “Muy Baja” **O** **NO** “Muy Alta”
 $\rightarrow \mu_{\bar{A}}(x) \text{ **O** } \mu_{\bar{D}}(x)$



d) **NO** (Extremamente(“Muy Baja”)) **Y** “Baja”
 $\rightarrow 1 - (\mu_A(x))^3 \text{ **Y** } \mu_B(x)$

