

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIMENSURA**  
**INTRODUCCION A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL – L.C.C.**  
**PRACTICA – LÓGICA BORROSA 2021**

---

**Ej. 1:** Supongamos que un médico pediatra realiza un primer diagnóstico observando si hay **Fiebre, Dolor de garganta, Sarpullido**.

1. Si hay sólo *fiebre media o alta*, se puede pensar en una virosis de origen dudoso y se observa al paciente durante las siguientes 24 hs. Medicar con antitérmico.
2. Si hay *fiebre alta* y dolor de *garganta intenso*, se puede pensar en una laringitis. Medicar con antitérmico/analgésico.
3. Si hay *fiebre alta* y *dolor de garganta* y *sarpullido rojo de textura áspera* como la del papel de lija, se debe pensar en escarlatina (*Streptococcus grupo A*, escarlatina). Medicar con antibiótico.

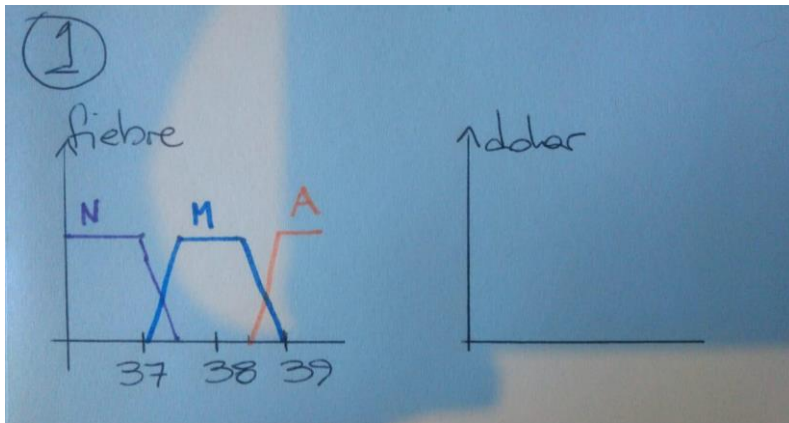
Los valores normales de fiebre son desde 36 grados por debajo (alrededor) de 37 grados, entre 37 y 38 se puede pensar en fiebre media, a partir de los 39 grados, fiebre francamente alta.

Los niveles de dolor de garganta son evaluados por el paciente con una escala de 0 a 1: Bajo-Medio-Alto conjuntos separados en forma regular según las formas semi-trapezoidal inferior, triangular, semi-trapezoidal superior, respectivamente.

El aspecto del sarpullido se puede medir entre color y textura del 1 al 10 por un experto según las formas semi-trapezoidal inferior (poco color/textura), triangular (color o textura visible), semi-trapezoidal superior (color y textura importante)

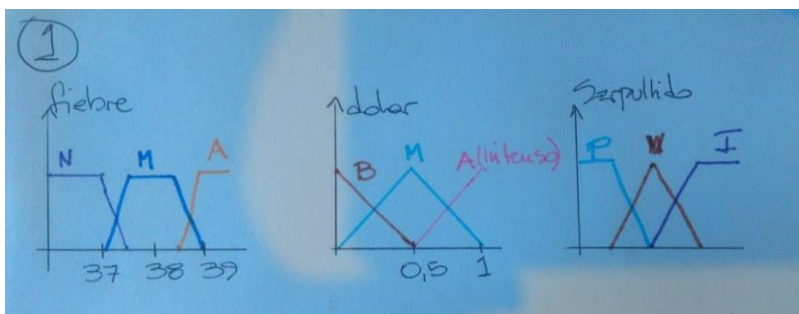
**Identificar:**

- a) Las variables lingüísticas.
- b) Los conjuntos borrosos. Dibujarlos.
- c) Las reglas borrosas.

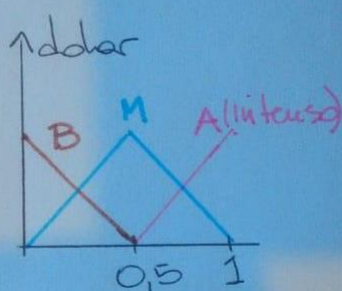
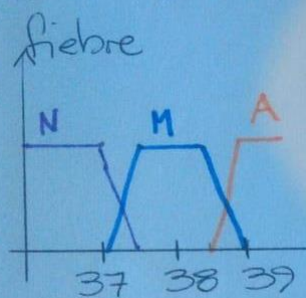


**Predecir la acción del pediatra según observe las siguientes entradas.**

- i. Fiebre de 38 grados, dolor de garganta agudo (del 1 al 10 el paciente dice 7 durante el día y 9 al atardecer), no hay sarpullido. Qué operaciones borrosas utiliza?
- ii. Fiebre de 39 grados, dolor de garganta medio (del 1 al 10 el paciente dice 6 durante el día y 7 al atardecer), hay sarpullido rojo tipo lija (del 1 al 10 el médico observa un 7). Qué operaciones borrosas utiliza?

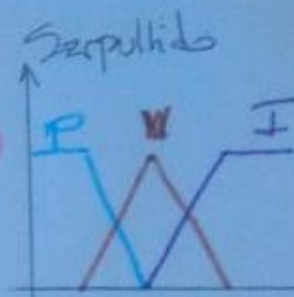
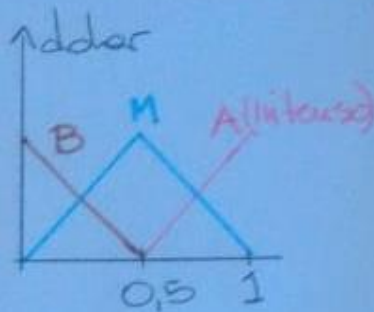


①



R<sub>1</sub>: Si hay fiebre **A** luego virus/autógeno  
 R<sub>2</sub>: Si solo fiebre **M**

①



R<sub>1</sub>: Si hay fiebre **A** luego virus/autógeno  
 R<sub>2</sub>: Si solo fiebre **M**

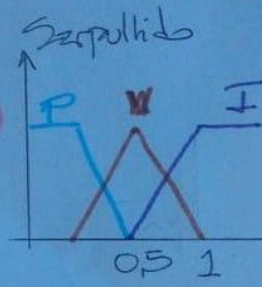
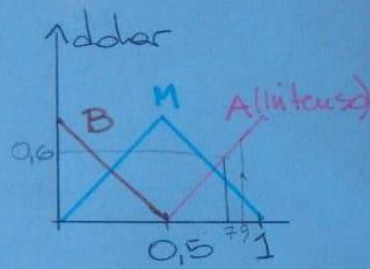
R<sub>3</sub>: Si hay fiebre **A** y dolor **I** luego herpes  
 autógeno  
 zoster

R<sub>4</sub>: Si fiebre **A** y dolor **M** y sarpullido **I**  
 luego escarlatina  
 /atb

a) r.l. fiebre dolor sarpullido

b) c.b. fiebre normal dolor bajo sarp poco  
 mediz medio visible  
 zltz intenso Impetigo

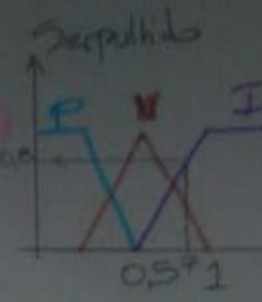
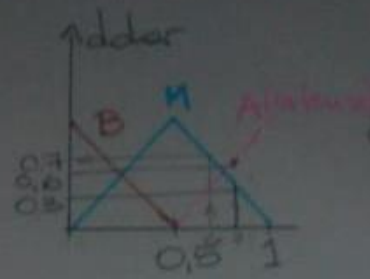
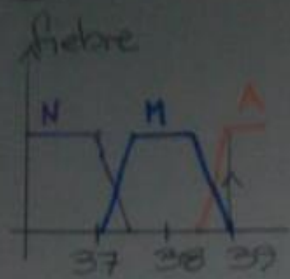
①



i.) Fiebre 38°  
dolor 7 - 9

$\left. \begin{array}{l} R_1: 0 \\ R_2: ? - 0 \\ R_3: 0 \\ R_4: 0 \end{array} \right\}$

①



R<sub>1</sub>: Si (hoy) Fiebre A luego virus / autotécnicos

R<sub>2</sub>: Si (hoy) Fiebre M

R<sub>3</sub>: Si hoy Fiebre A y dolor I luego tratamiento antibiótico analgésico

R<sub>4</sub>: Si Fiebre A y dolor M y sarpullido I luego escarlatina / atb

a) v.l. Fiebre dolor sarpullido

b) c.b. Fiebre normal / moderada / alta dolor bajo / medio / intenso sarpullido poco visible / impalpable

(i) Fieber:  $39^\circ$     Dolor  $\left\{ \begin{array}{l} 6 \text{ díz} \\ 7 \text{ starke} \end{array} \right.$     Sapp: 7

$$R_1: d(R_1) = 0$$

$$R_2: d(R_2) = 0$$

$$R_3: d_{\text{(díz)}}(R_3) = d\left(39^\circ; \overset{\text{dolor}}{\underset{\text{díz}}{\frac{6}{\text{I}}}}\right) = \text{Min}(1; 0,3) = 0,3 \text{ (díz)}$$

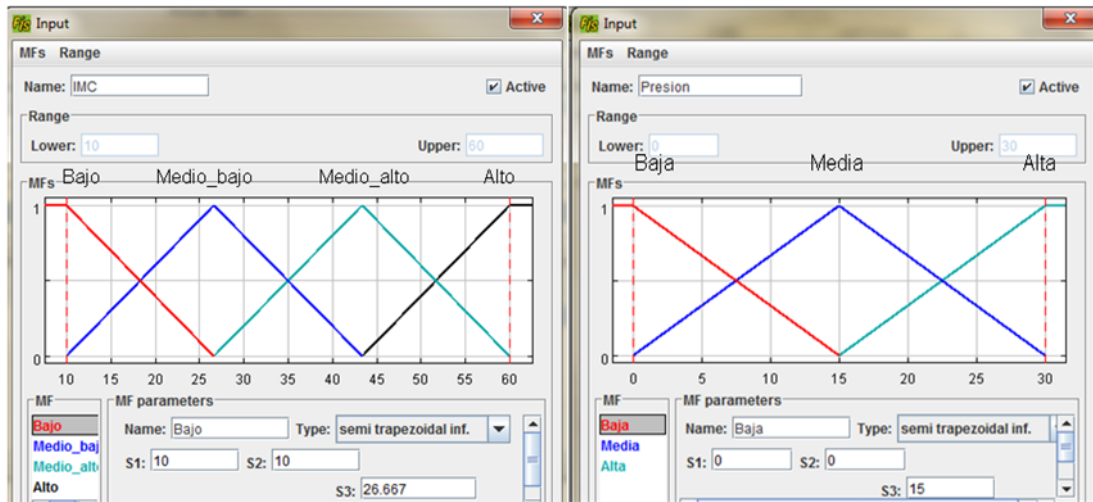
$$d_{\text{(tarde)}}(R_3) = d\left(39; \overset{\text{dolor}}{\underset{\text{tarde}}{\frac{7}{\text{I}}}}\right) = \text{Min}(1; 0,6) = 0,6 \text{ (tarde)}$$

$$R_4: d_{\text{(díz)}}(R_4) = d\left(39^\circ; \overset{\text{dolor}}{\underset{\text{díz}}{\frac{6}{\text{M}}}}; \overset{\text{sapp}}{\underset{\text{díz}}{\frac{7}{\text{I}}}}\right) = \text{Min}(1; 0,7; 0,8) = 0,7$$

$$d_{\text{(tarde)}}(R_4) = d(39; 7; 7) = \text{Min}(1; 0,3; 0,8) = 0,3 \text{ (tarde)}$$



**Ej. 2:** Consideremos el siguiente modelo de conocimiento borroso que vincula el “índice de masa corporal” ICM (peso/altura<sup>2</sup>), la presión arterial y el riesgo a padecer enfermedades cardíacas.



Calcule el Grado de Veracidad de las reglas para los valores:

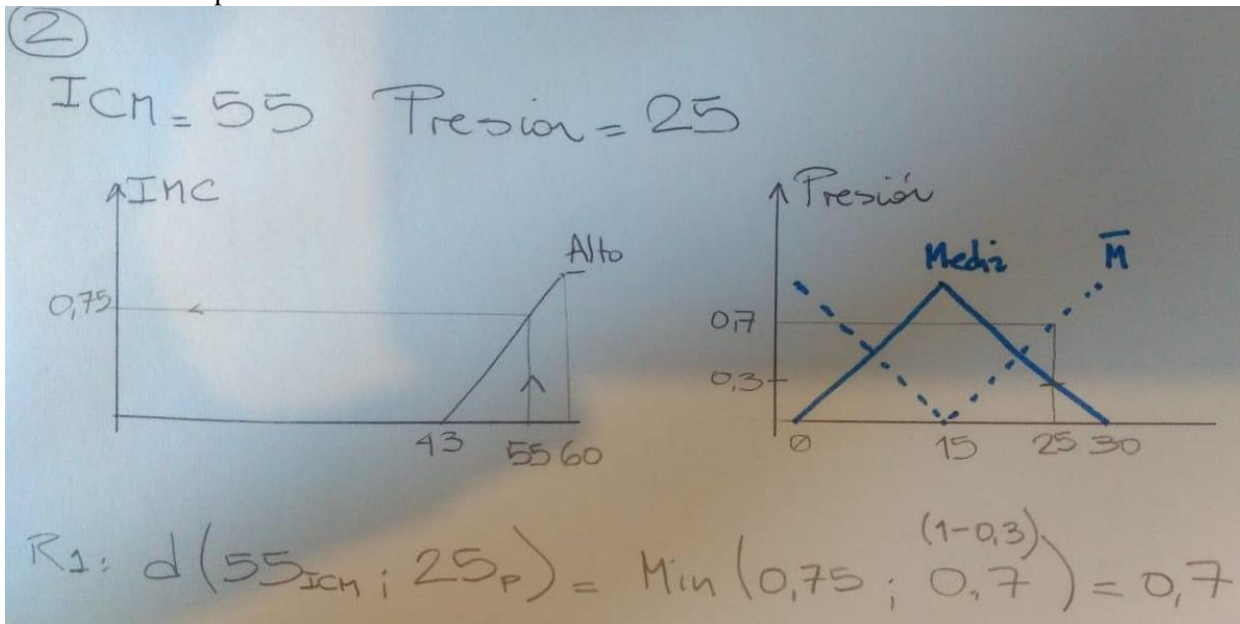
ICM = 55; Presión = 25

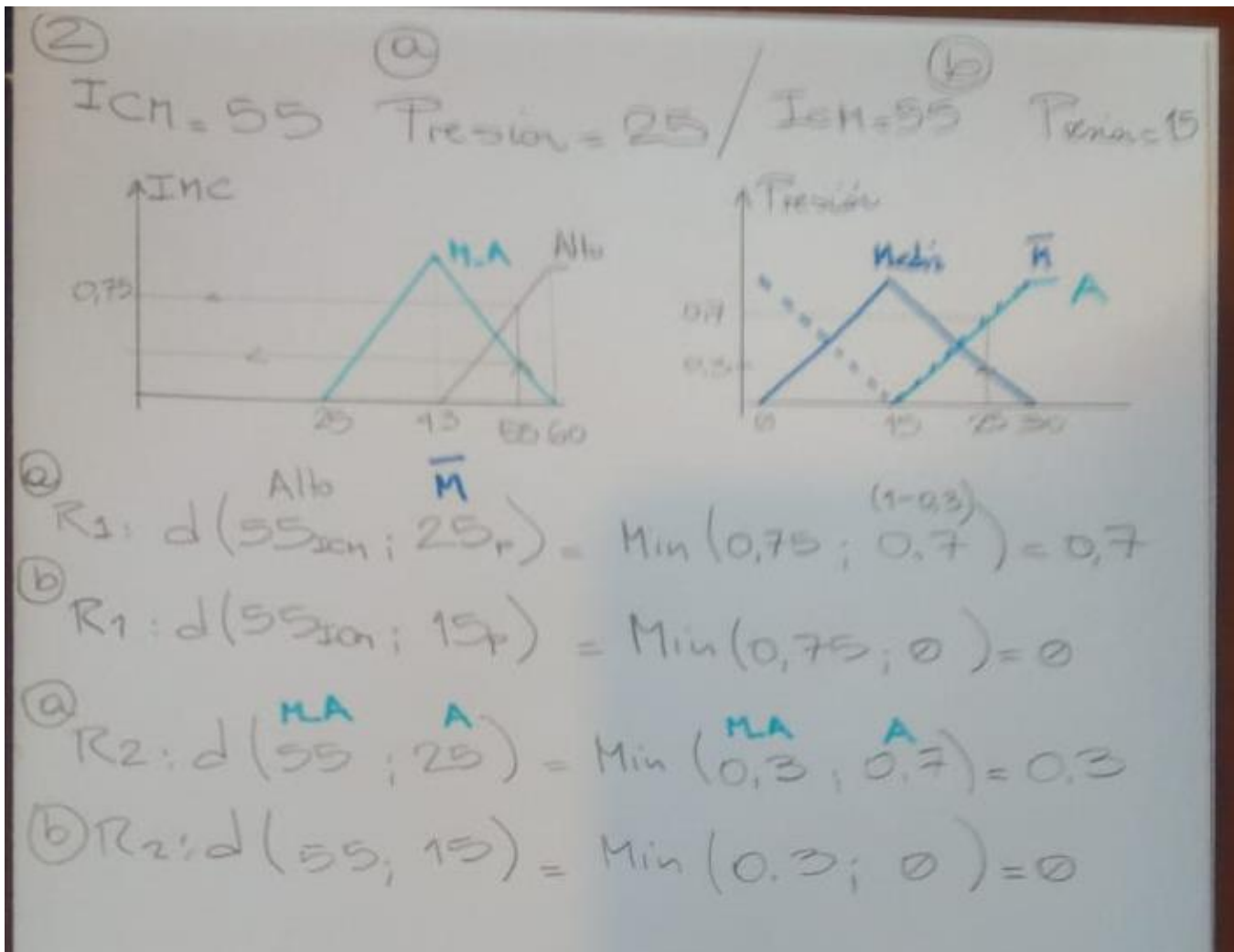
ICM = 55; Presión = 15

Si el ICM es Alto y la Presión NO es Media THEN ... hay riesgo

Si el ICM es Medio\_alto y la Presión es Alta THEN ... hay riesgo

Utilice distintos operadores AND

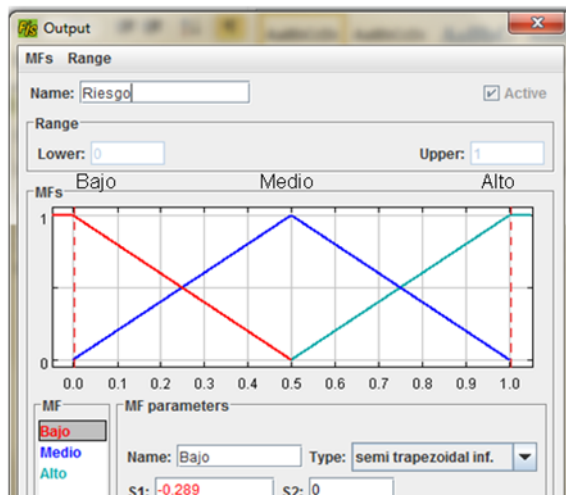




### Ej. 3:

Nuevamente, consideremos el siguiente modelo de conocimiento borroso que vincula el ICM, la presión arterial y el riesgo a padecer enfermedades cardíacas.

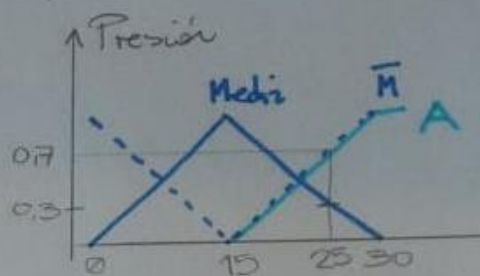
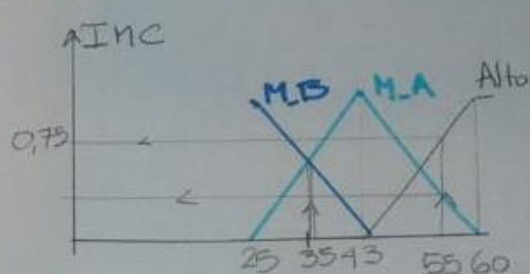
Rule	Active	IF ICM	AND Presion	THEN Riesgo
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Bajo		Alto
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Medio_bajo	Baja	Bajo
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Medio_bajo	Media	Bajo
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Medio_bajo	Alta	Medio
5	<input checked="" type="checkbox"/>	Medio_alto	Baja	Medio
6	<input checked="" type="checkbox"/>	Medio_alto	Media	Medio
7	<input checked="" type="checkbox"/>	Medio_alto	Alta	Alto
8	<input checked="" type="checkbox"/>	Alto		Alto



Para las entradas ICM = 35 y Presión = 15

- Determine el grado de veracidad o disparo de cada una de las reglas.
- Estime el Riesgo según el método de inferencia Max-Mín y defuzzificación según el valor medio del máximo.
- Analice si se puede reescribir el modelo en un número de reglas menor admitiendo el uso de más operadores lógicos. Qué cambios haría?

② ①  $I_{CH} = 55$  Presión = 25 / ②  $I_{CH} = 55$  Presión = 15



①  $R_1: d(55_{ICH}; 25_P) = \min(0.75; 0.7) = 0.7$

②  $R_1: d(55_{ICH}; 15_P) = \min(0.75; 0) = 0$

①  $R_2: d(55; 25) = \min(0.3; 0.7) = 0.3$

②  $R_2: d(55; 15) = \min(0.3; 0) = 0$

③  $I_{CH} = 35$ , Presión = 15

$d(R_3) = \min(0.5; 1) = 0.5$

$d(R_6) = \min(0.5; 1) = 0.5$

$d(R_1) = 0$

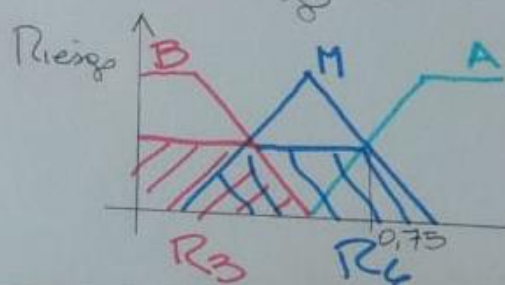
$d(R_2) = \min(0.5; 0) = 0$

$d(R_4) = \min(0.5; 0) = 0$

$d(R_5) = 0$

$R_3 \rightarrow$  Riesgo Bajo

$R_6 \rightarrow$  Riesgo Medio



Riesgo: valor medio del max  
0.75/2

#### Ej 4:

Considere la base de conocimiento que vincula la velocidad de un vehículo prototipo ( $v$ ) y la fuerza de frenado ( $f$ ), y la fuerza de frenado  $f$  con el tiempo de vida  $t$  de los frenos formada por las siguientes reglas:

REGLA1: Si  $v$  es *baja* entonces  $f$  debe ser *baja*

REGLA2: Si  $v$  es *alta* entonces  $f$  debe ser *elevada*

REGLA3: Si  $f$  es *baja* entonces  $t$  es *elevado*

REGLA4: Si  $f$  es *alta* entonces  $t$  es *bajo*

Con los siguientes conjuntos borrosos:

$v$  *baja* (Km/h) = (0/0 0.25/10 0.5/20 0.75/30 1/40 0.75/50 0.5/60 0.25/70 0/80)

$v$  *alta* (Km/h) = (0/40 0.25/50 0.5/60 0.75/70 1/80 0.75/90 0.5/100 0.25/110 0/120)

$f$  *baja* (N) = (0/0 0.5/100 0.75/150 1/200 0.75/250 0.5/300 0/400)

$f$  *alta* (N) = (0/200 0.5/300 1/400 0.5/500 0/600)

$t$  *bajo* (años) = (1/0 1/2 0.75/2.5 0.5/3 0.25/3.5 0/4)

$t$  *alto* (años) = (0/0 0.5/3 1/4 1/5)

a) Determinar la **fuerza de frenado  $f$**  para una velocidad  $v = 50$  Km/h de un hecho específico según el modelo de inferencia de Mamdani (Max-Min).

OBS: para defuzzificar, usar la técnica del primer valor máximo del área.

b) Considerando el valor *crisp* de fuerza de frenado  $f$  del punto anterior, obtener el tiempo de vida  $t$  de los frenos.

OBS: para defuzzificar, usar la técnica del valor medio del máximo del área.

c) Indique si hay alguna regla que no se disparó para evaluar el hecho  $v = 50$  Km/h versus  $t$  de vida de los frenos.

#### Ej. 5:

Considere las siguientes reglas como parte de la base de conocimiento de un robot autónomo. En ellas se muestra la relación entre las variables sensadas: distancia a un objeto ( $Dist$ ); Fuerza de Rozamiento ( $Fr$ ) y acciones consecuentes que realiza el objeto: aplicación de fuerza de frenado ( $Ffrena$ ).

REGLA1: Si  $Dist$  es *media* y  $Fr$  es *baja* entonces  $Ffrena$  es *alta*

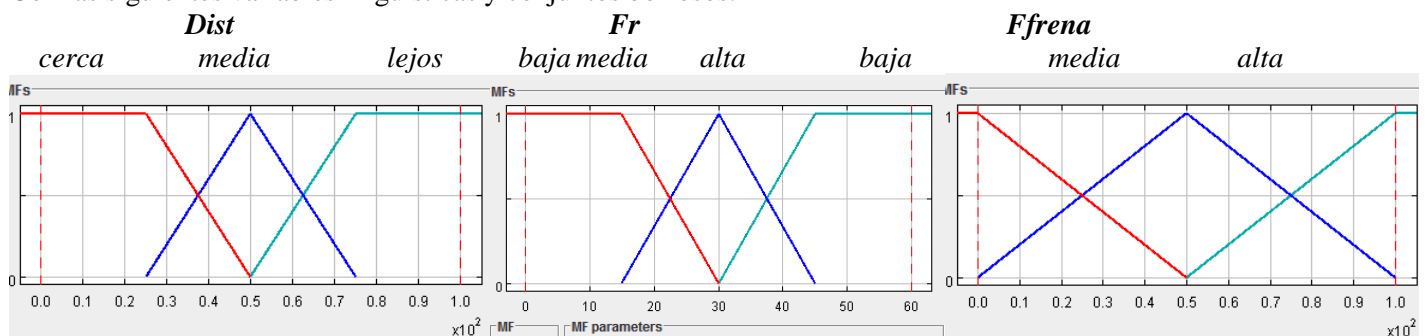
REGLA2: Si  $Dist$  es *cerca* y  $Fr$  es *baja* entonces  $Ffrena$  es *media*

REGLA3: Si  $Dist$  es *lejos* y  $Fr$  es *baja* entonces  $Ffrena$  es *media*

REGLA4: Si  $Dist$  es *cerca* y  $Fr$  es *alta* entonces  $Ffrena$  es *media*

REGLA5: Si  $Dist$  es *cerca* y  $Fr$  es *media* entonces  $Ffrena$  es *alta*

Con las siguientes variables lingüísticas y conjuntos borrosos:



a) Determinar cuántas y qué reglas se disparan si ocurre un hecho donde un robot tiene un objeto a una distancia  $Dist = 70$  metros siendo la Fuerza de Rozamiento  $Fr = 23$  N. Indique el grado de veracidad (disparo) de cada regla usando la T-norma mínimo.

b) Estimar la fuerza de frenado  $Ffrena$  para dicho hecho ( $Dist = 70$ ;  $Fr = 23$  N) según el modelo de inferencia de Max-Min.



OBS: para defuzzificar, usar la técnica del valor medio del valor máximo del área.

c) Nuevamente, determinar cuántas y qué reglas se disparan si ocurre otro hecho donde el robot tiene un objeto a una distancia  $Dist = 50$  metros siendo la Fuerza de Rozamiento  $Fr = 30$  N.

### Ej. 6 (opcional):

Un experto agricultor vitivinícola conoce las reglas que relaciona el estrés de la uva ( $e$ ): cantidad de lluvia ( $ll$ ) y calidad de suelo ( $s$ ) vs. el grado de concentración aromático ( $a$ ), y el grado de concentración vs. tiempo de añejado ( $t$ ) para obtener un buen vino. Las reglas son las siguientes:

REGLA1: Si  $ll$  es *escasa* y  $s$  es *rocoso* entonces  $e$  es *elevado*

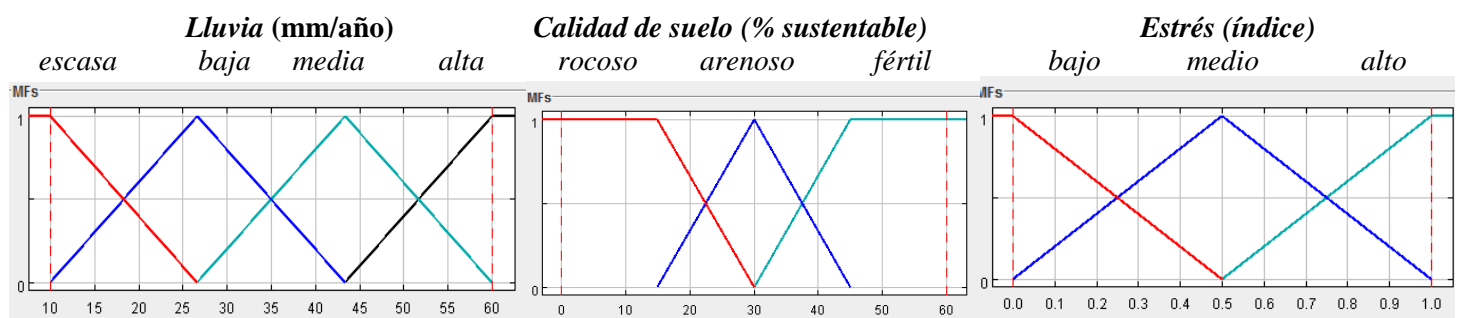
REGLA2: Si  $ll$  es *baja* y  $s$  es *arenoso* entonces  $e$  es *medio*

REGLA3: Si  $ll$  es *media* y  $s$  es *fértil* entonces  $e$  es *bajo*

REGLA4: Si  $e$  es *elevado* entonces  $t$  es *corto*

REGLA5: Si  $e$  es *medio* entonces  $t$  es *medio*

REGLA6: Si  $e$  es *bajo* entonces  $t$  es *alto*

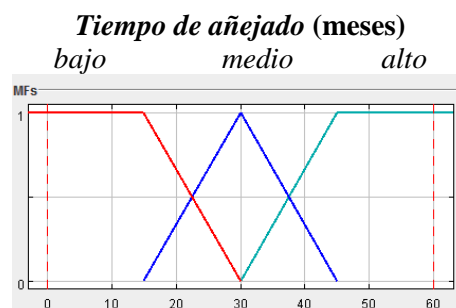


a) Identifique las variables lingüísticas de entrada y salida en cada una de las etapas. Indique los conjuntos en cada caso.

b) Etapa 1: Determinar el **estrés  $e$**  para una cantidad de lluvia  $ll = 15$  mm/año y para un suelo  $s = 23\%$  sustentable según el modelo de inferencia de Mamdani (Max-Min). Indique qué reglas se disparan en este caso.

OBS: para defuzzificar, usar la técnica del primer valor máximo del área.

c) Etapa 2: Considerando el valor *crisp* (defuzzificado) de **estrés  $e$**  del punto anterior, obtener el **tiempo de añejado  $t$**  del vino; sabiendo que:



Indique qué reglas se disparan en este caso. OBS: para defuzzificar, usar la técnica del valor medio del máximo.