
Lógica Difusa

CC3039 - 2016

Lógica Difusa

Concebida hace más de 40 años por Lofti Zadeh, un profesor de la Universidad de California en Berkley.

Es una metodología de control, o de procesamiento de datos, en los cuales las funciones de membresías no son absolutas...

Lógica difusa

Un elemento puede pertenecer
parcialmente a un grupo

Lógica Difusa

La idea detrás de este concepto se basa en tratar de modelar el hecho que nosotros, los humanos, somos capaces de interpretar y tomar decisiones a partir de información imprecisa, a medias, o con simples ideas sobre algún tema.

La lógica difusa permite usar sensores que aceptan información ruidosa y análoga, a partir de la cual se toman decisiones de control.

Lógica Difusa

Los algoritmos de control que usan lógica difusa pueden ser implementados en hardware o en software.

Estos métodos proveen una forma sencilla de obtener **conclusiones definidas basadas en información vaga, imprecisa y ruidosa.**

La diferencia entre la LD y sistemas de control basados en casos

Los sistemas de control basados en casos recaen en el expertise de un operador para definir cada caso y cada output. Ejemplo:

IF (Temp < 50deg): heat_up(10deg).

En el caso de la lógica difusa, la condición sería:

IF (el agua está muy fría): caliéntela un poco

La lógica difusa

El resultado es mucho más parecido a lo que sucede al momento de bañarse con agua del calentador:

Si el agua está muy fría, calculan subirle un poco la temperatura. Si se pasan, regresan un poco, hasta que queda en un punto agradable.

Elementos a analizar

- Variables de entrada (o Crisp)
 - Universo del discurso
 - Conjuntos difusos
 - Función de pertenencia (o variables lingüísticas)
 - Operaciones entre conjuntos difusos
 - Cláusulas de Horn
 - Defuzzificación
-

Variables de entrada (crisp input)

Considérense como cualquier elemento medible del ambiente, que afectará la inferencia, clasificación o acciones de control que tomará su sistema. Ejemplos clásicos:

- Temperatura
 - Distancia
 - Intensidad de sonido
 - Orientación
-

Universo del discurso

Conjunto de todos los posibles valores que una variable de entrada (variable de sistema) puede obtener.

Si estuviéramos tratando de clasificar a las personas con la característica “juventud”, el universo del discurso sería el conjunto de todas las personas.

Conjuntos difusos

Un conjunto **NO difuso** A , y un elemento cualquiera del universo x , definen una función de pertenencia sencilla:

pertenece(x , A), ó **x pertenece A** , como una función booleana, que regresa 1 (verdadero), si x es un elemento de A , o 0 (falso) en caso contrario.

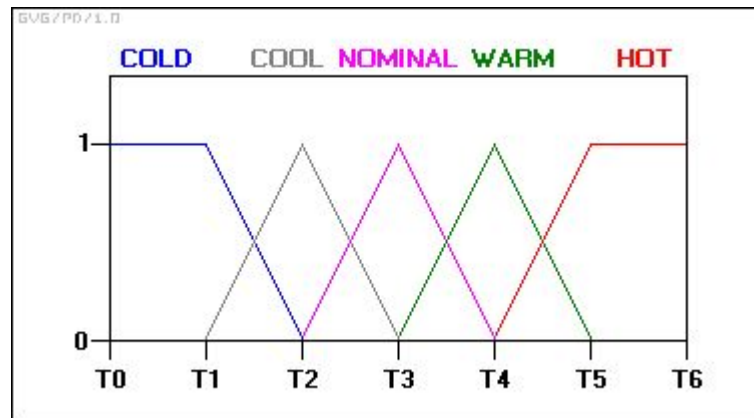
Conjuntos difusos

Un conjunto **difuso** B , y un elemento del universo x , también definen una función de pertenencia, pero el rango de la misma no es el conjunto $\{0, 1\}$ (verdadero / falso), sino que el conjunto $[0, 1]$.

A los conjuntos, cuya función de pertenencia tiene el rango real $[0, 1]$, se les conoce como conjuntos difusos.

Grado de pertenencia o variables lingüísticas

El grado de pertenencia, o valor de **verdad(x)** es el valor asignado por una función de pertenencia específica al elemento x . El grado de pertenencia se interpreta como un input difuso, una variable difusa o lingüística.



Operaciones booleanas difusas

También conocidos como operadores de **Zadeh**, se definen como sigue:

- $\text{verdad}(\text{NOT } x) = 1 - \text{verdad}(x)$
 - $\text{verdad}(x \text{ AND } y) = \min(\text{verdad}_1(x), \text{verdad}_2(y))$
 - $\text{verdad}(x \text{ OR } y) = \max(\text{verdad}_1(x), \text{verdad}_2(y))$
-

Cláusulas de Horn

Programáticamente, y para los fines de la lógica difusa, una cláusula de Horn se ve como sigue:

**IF (entradas difusas o antecedente) THEN
(salidas difusas o consecuente)**

No son literalmente implicaciones (\Rightarrow)

Cláusulas de Horn

Estas nos permiten obtener resultados difusos a partir de variables lingüísticas.

El resultado de una cláusula de Horn será tan cierto como cierto sean sus variables lingüísticas.

El resultado del conjunto de cláusulas de Horn, es tan cierto como la unión de los resultados de cada cláusula por separado.

Defuzzificación

Dada una función de pertenencia de una **variable de salida lingüística**, el proceso de defuzzificación consiste en obtener una variable Crisp de salida que mejor represente a la función de pertenencia.

Defuzzificación

La defuzzificación es el proceso de convertir una variable de salida difusa, en una variable de salida Crisp.

Algoritmo de control difuso

1. Medir las variables de entrada crisp
 2. Obtener las variables lingüísticas
 3. Aplicar las cláusulas de Horn para obtener las funciones de pertenencia compuestas, y las variables de salida difusas.
 4. Combinar las variables de salida difusas de cada cláusula para obtener la variable de salida difusa general.
 5. Defuzzificar esta variable de salida para obtener la variable de salida crisp.
-

Ejemplo de algoritmo de control difuso

Considere el caso en que queremos aplicar un algoritmo de control difuso para determinar la propina que debemos dar en un restaurante.

Las variables de entrada a considerar son:

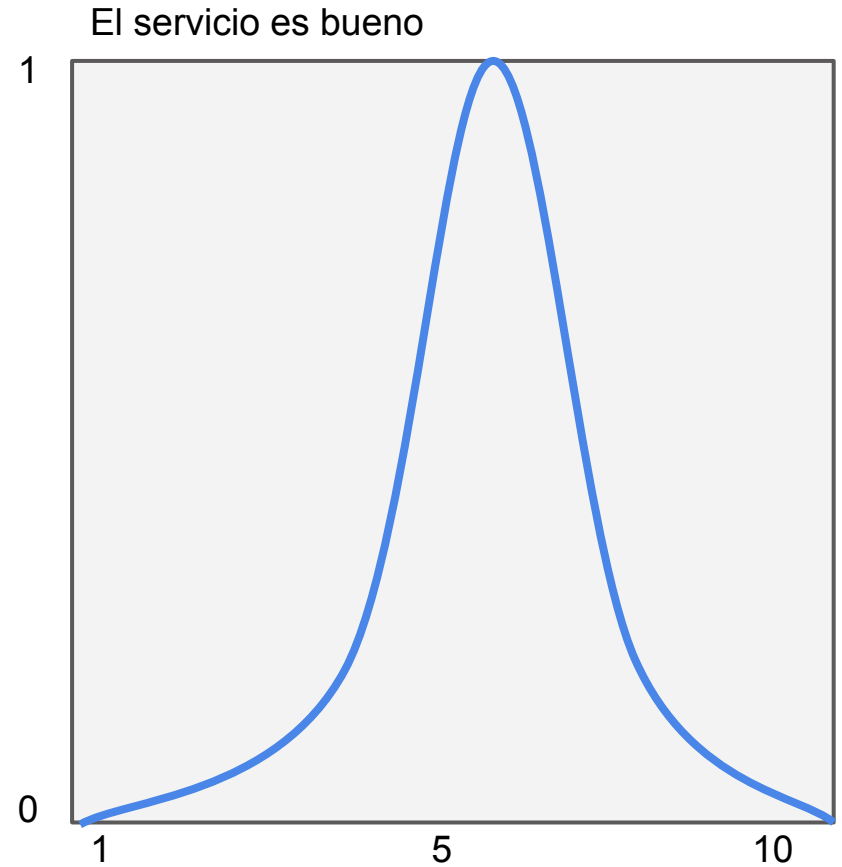
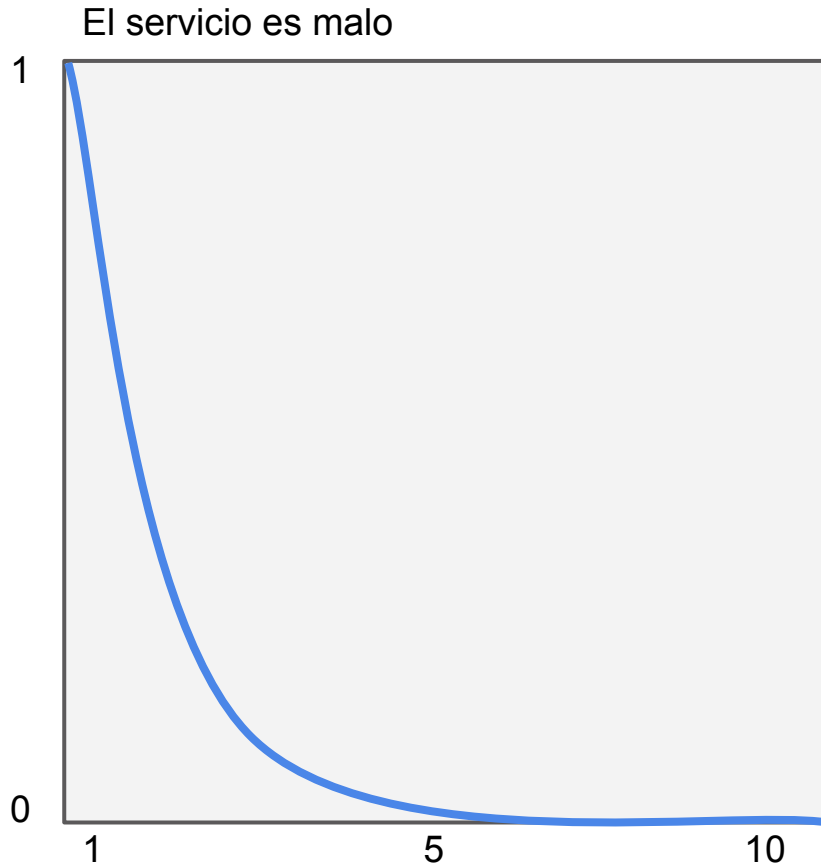
1. La apreciación personal de su acompañante, sobre el servicio, en la escala de $[0, 10]$
 2. La apreciación personal de su acompañante, sobre la calidad de la comida, en la escala de $[0, 10]$
-

Ejemplo de algoritmo de control difuso

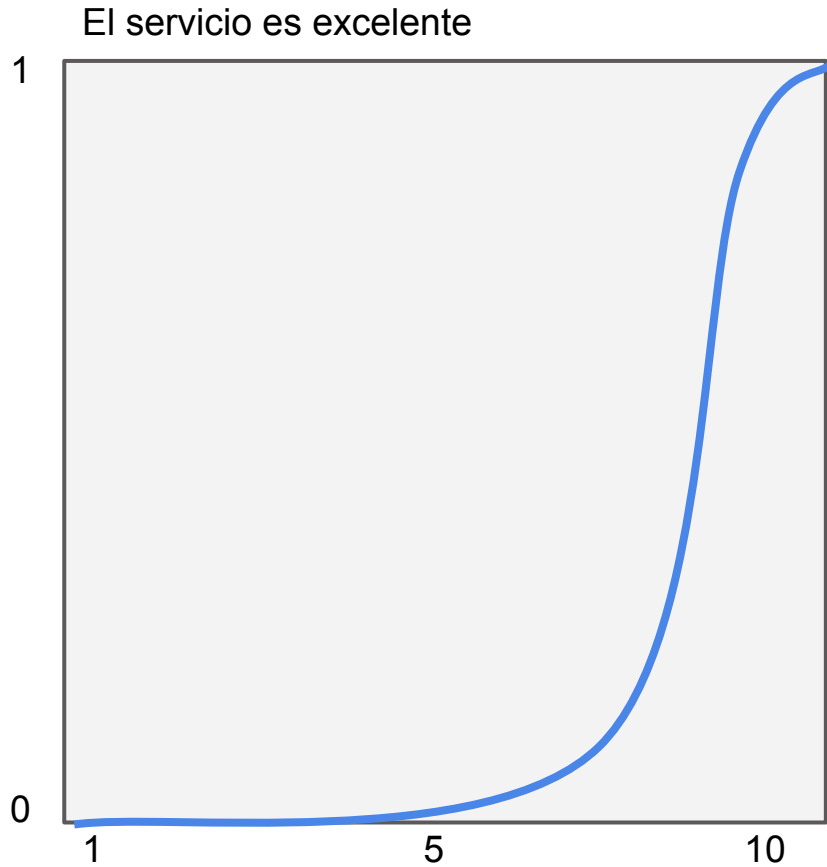
Las variables lingüísticas de entrada son:

1. Sobre el servicio:
 - a. El servicio es malo
 - b. El servicio es bueno
 - c. El servicio es excelente
 2. Sobre la calidad de la comida:
 - a. La comida está podrida
 - b. La comida es deliciosa
-

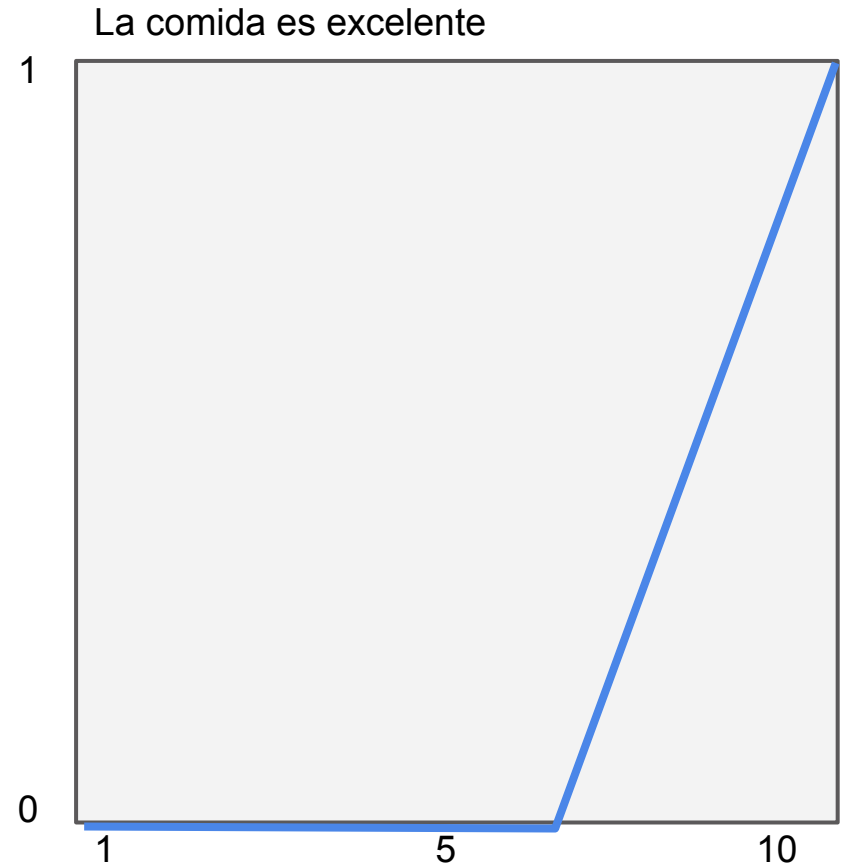
Ejemplo de algoritmo de control difuso



Ejemplo de algoritmo de control difuso



Ejemplo de algoritmo de control difuso



Ejemplo de algoritmo de control difuso

La variable de salida crisp es un porcentaje a dar como propina, entre el rango $[0\%, 25\%]$.

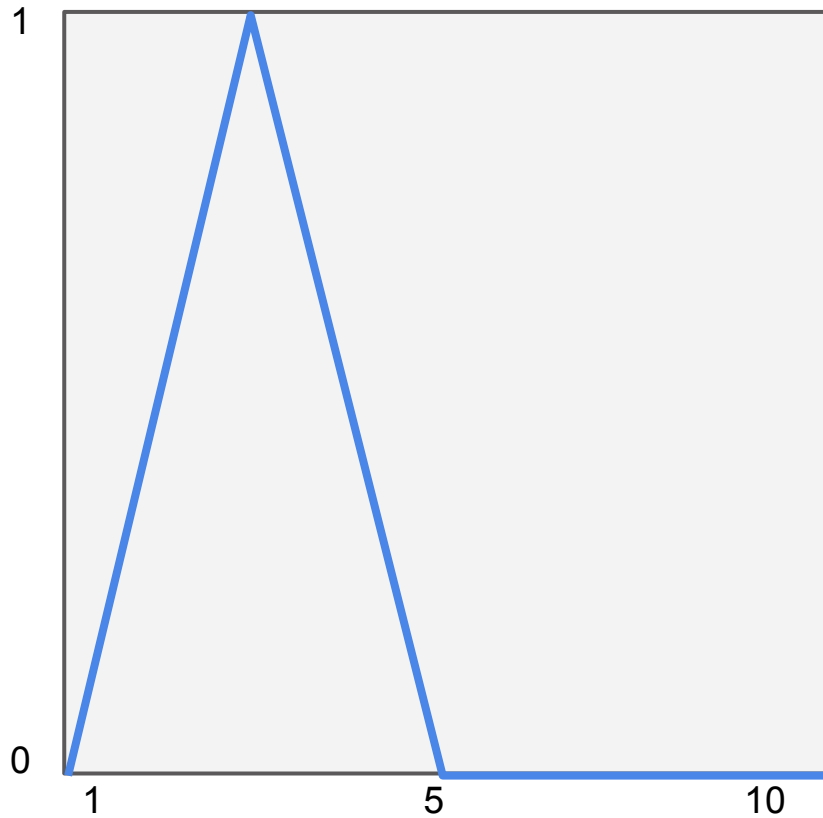
Ejemplo de algoritmo de control difuso

Las variables lingüísticas de salida serán sobre la propina a dar:

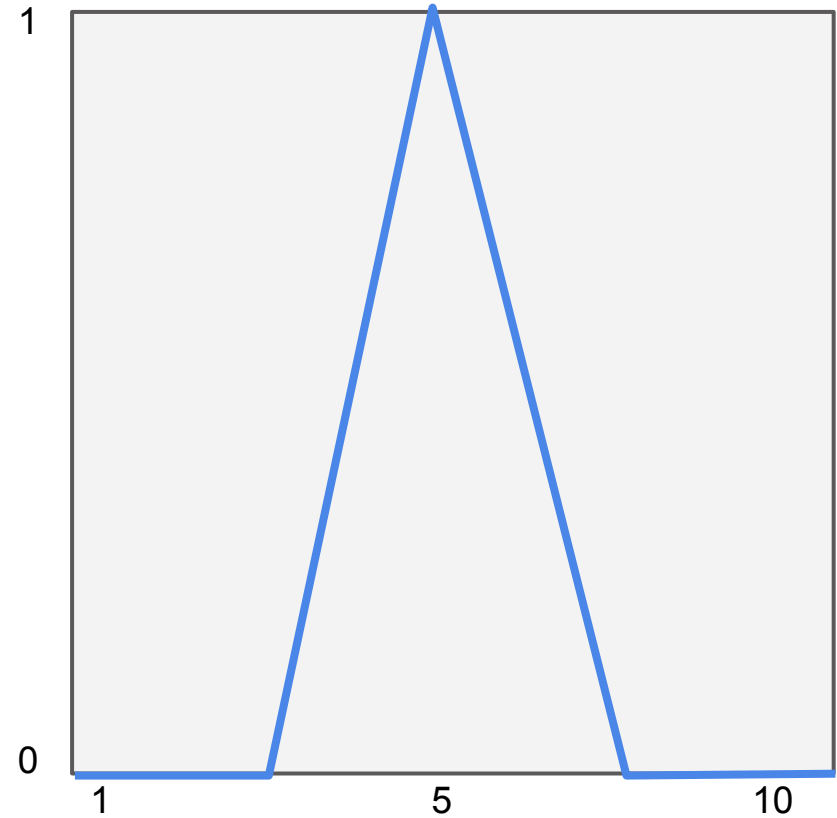
1. La propina será baja
 2. La propina será normal
 3. La propina será generosa
-

Ejemplo de algoritmo de control difuso

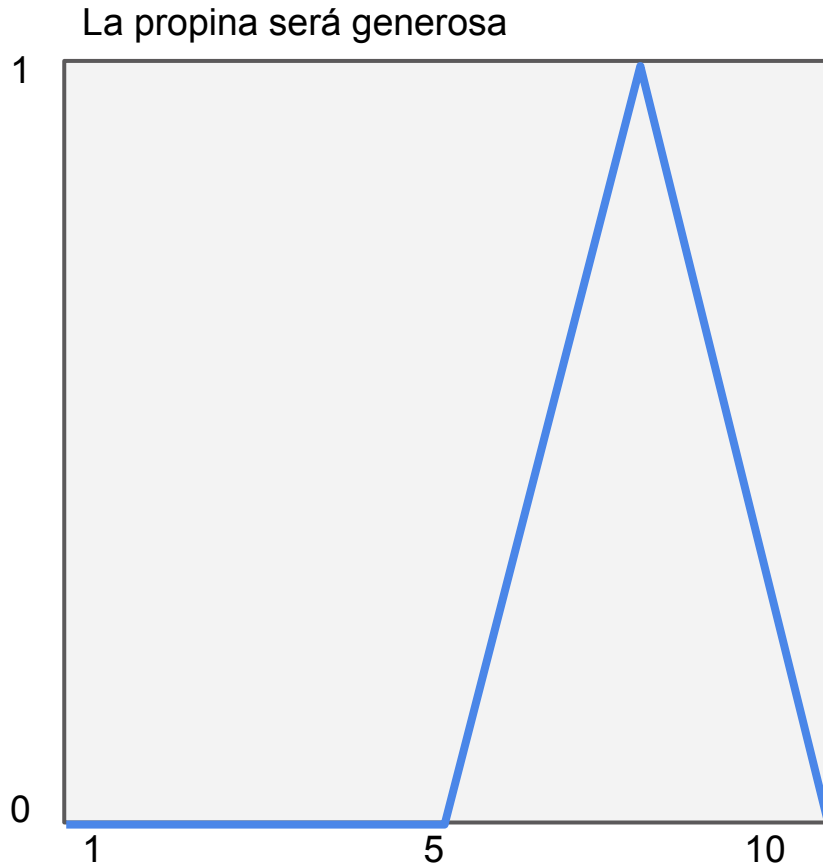
La propina será baja



La propina será normal



Ejemplo de algoritmo de control difuso



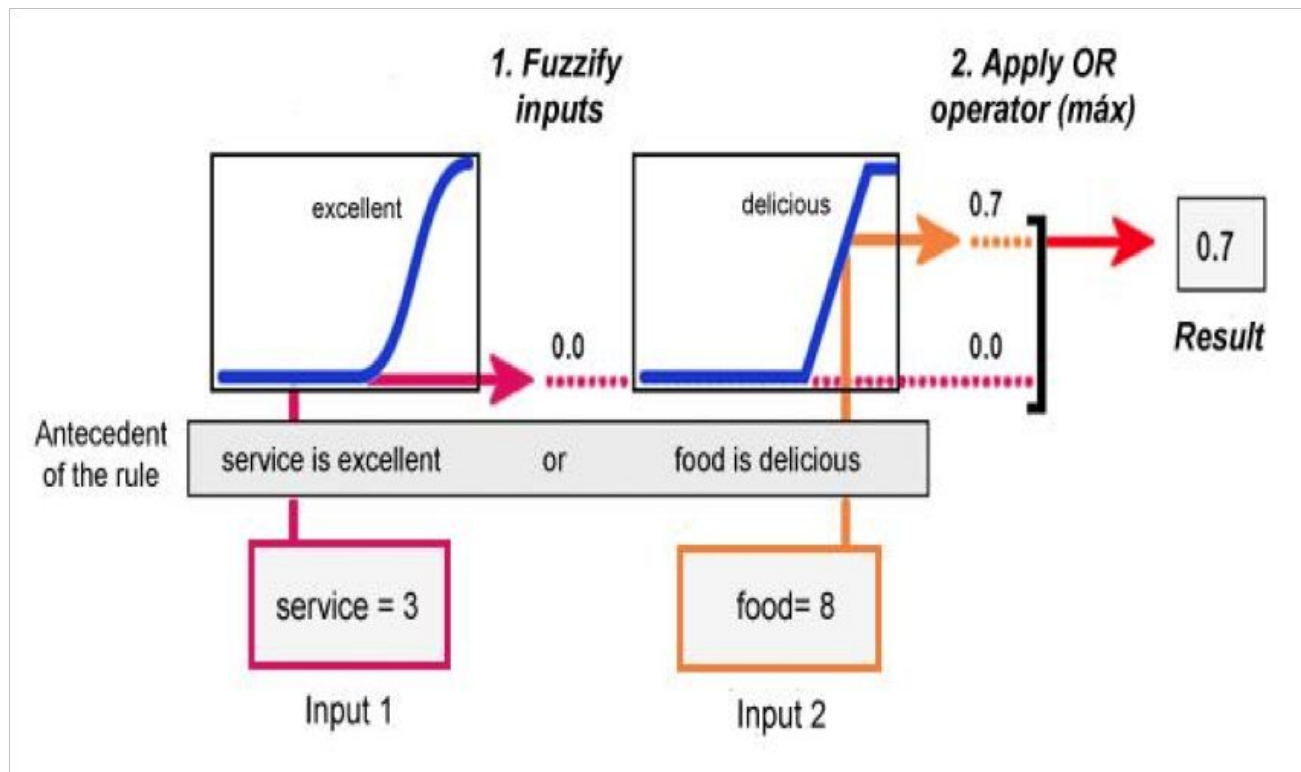
Ejemplo de algoritmo de control difuso

Las reglas, o cláusulas de Horn a usar serán:

1. Si el servicio es pobre, o la comida está podrida, daré una propina baja
 2. Si el servicio es bueno, daré una propina normal
 3. Si el servicio es excelente, o la comida es deliciosa, daré una propina generosa
-

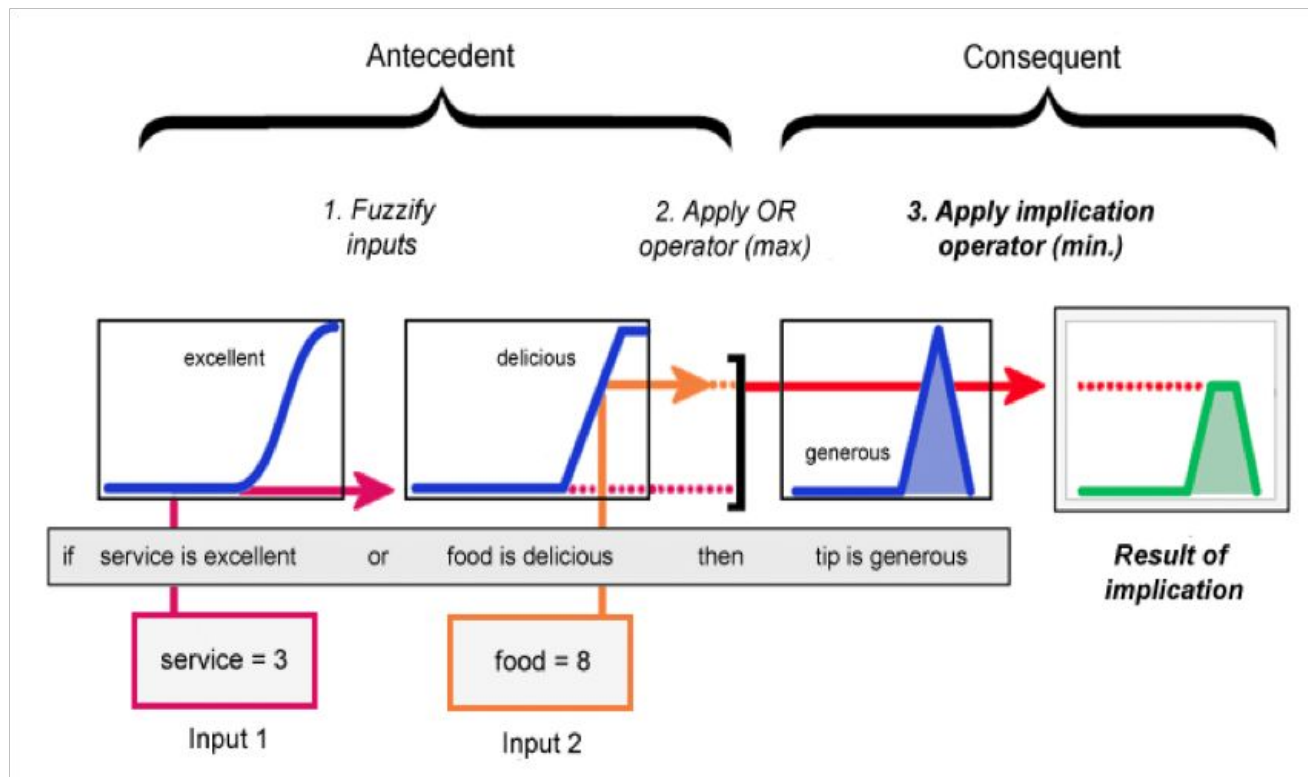
Ejemplo de algoritmo de control difuso

Ahora veamos un caso específico sobre el antecedente en la cláusula de Horn:



Ejemplo de algoritmo de control difuso

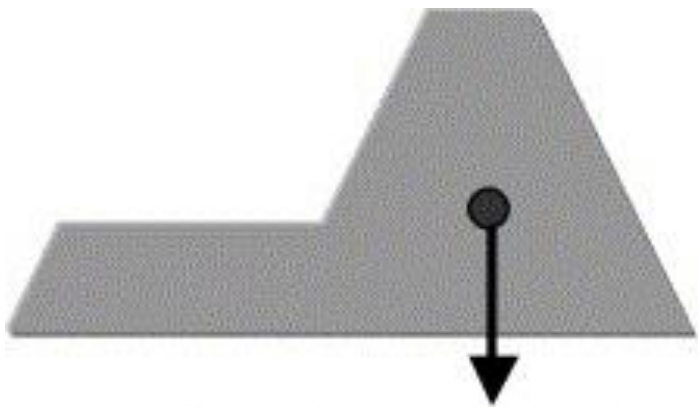
El consecuente de la cláusula de Horn representa un peso de la verdad sobre la acción que se tomará, por tanto, es tan cierto como el antecedente lo sea:



Supongamos que ya evaluamos las 3 cláusulas de Horn

Defuzzificación

Existen varios criterios para hacer una defuzzificación, su uso depende de la aplicación. En general, el más aceptado y estándar es conocido como **cálculo de centroide**.

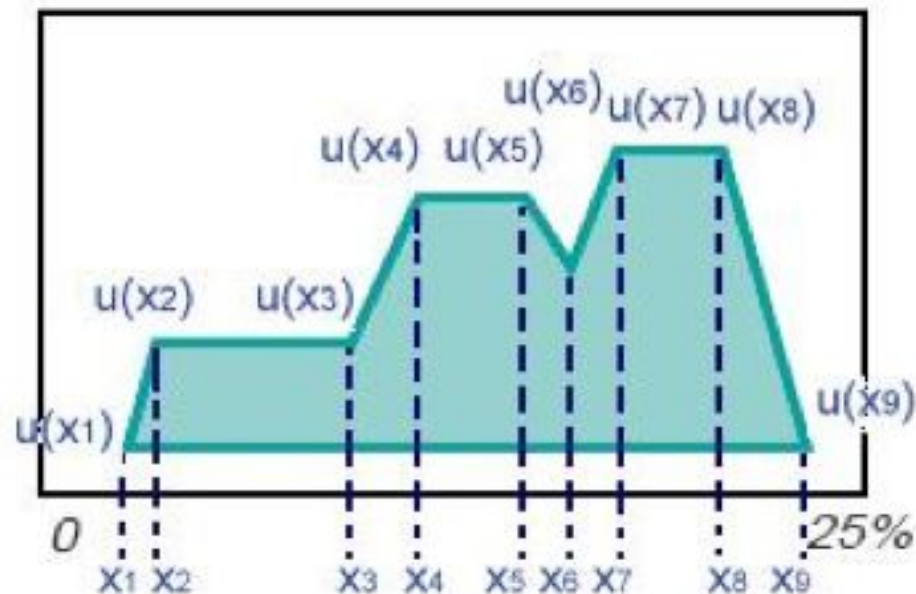


Precise Output (Result of defuzzification)

$$z_{COA} = \frac{\int_Z \mu_A(z) z dz}{\int_Z \mu_A(z) dz} .$$

Defuzzificación

Una simplificación de este cálculo se presenta a continuación (con pérdida de precisión):

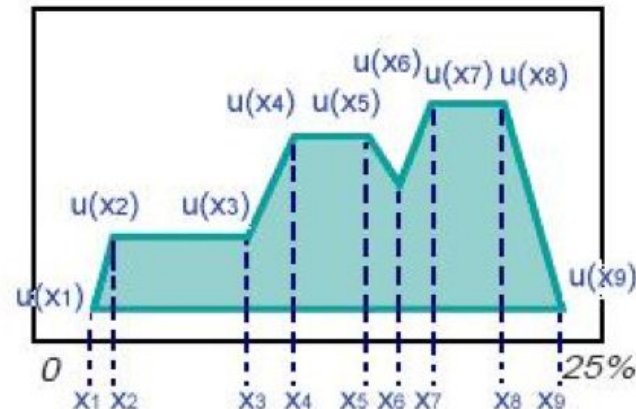


Ejemplo de algoritmo de control difuso

Luego de evaluar el peso de la verdad de cada una de las cláusulas, obtenemos la variable de salida difusa que representa la propina a dar, y finalmente defuzzificamos:

**Defuzzify the
aggregate output
(centroid)**

$$g = \frac{\sum_{i=1}^9 x_i \cdot u(x_i)}{\sum_{i=1}^9 u(x_i)} = 16,7$$



tip= 16,7%

**Result of
defuzzification**

Ejemplo de algoritmo de control difuso

