



**Universidad Veracruzana**

Maestría en Inteligencia Artificial

## **Lógica difusa**

**Tarea 13. Problema del mesero con 3 variables  
usando lógica difusa tipo II en python con la  
librería pyit2fls.**

*Ángel García Báez*

Dr. Sergio Hernández Méndez

4 de junio de 2025

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Problema del mesero con 3 variables</b>	<b>3</b>
2.1. Explicación del Problema . . . . .	3
2.2. Variables y sus codificaciones . . . . .	3
2.3. Reglas de inferencia. . . . .	6
2.4. Gráficos del problema del mesero . . . . .	9
2.5. Corridas de prueba: Casos mínimo, medio y máximo . . . . .	10
<b>3. Conclusiones</b>	<b>11</b>
<b>4. Referencias</b>	<b>12</b>
<b>5. Anexos</b>	<b>13</b>

## 1. Introducción

En el presente reporte se explica brevemente la expansión del problema del mesero vista en la tarea 2 y 3, a una versión donde se hacen uso de 3 variables de entrada junto con un sistema de lógica difusa tipo 2 para determinar la propina del mesero.

Se llevo a cabo la elaboración del sistema en el lenguaje de programación Python y haciendo uso de la librería de código abierto pyit2fs Haghrah et al. (2025).

## 2. Problema del mesero con 3 variables

### 2.1. Explicación del Problema

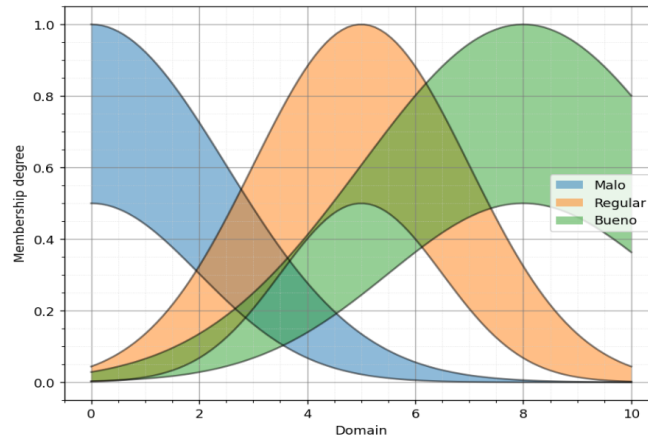
Se tiene el problema de determinar cuanta propina dejarle a un mesero en un restaurante después de comer. Para ello, se toman en cuenta las variables de Servicio, la comida y el lugar.

Para trasladar esto a un sistema difuso, se especifican a continuación los valores de las variables, el universo del discurso y las funciones de membresía.

### 2.2. Variables y sus codificaciones

A continuación se listan los valores de las variables lingüísticas que se propusieron para SERVICIO, COMIDA, LUGAR y PROPINA como sigue:

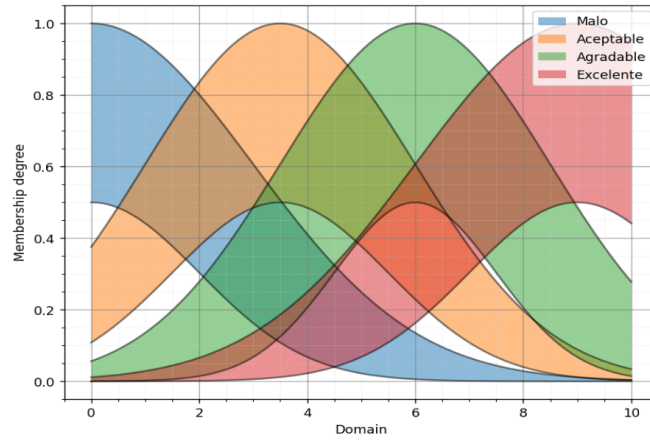
1. Servicio: Malo ( $\mu = 0, \sigma = [2, 5, 2]$ ), Regular ( $\mu = 5, \sigma = [2, 1, 5]$ ) y Bueno ( $\mu = 8, \sigma = [3, 2]$ ).



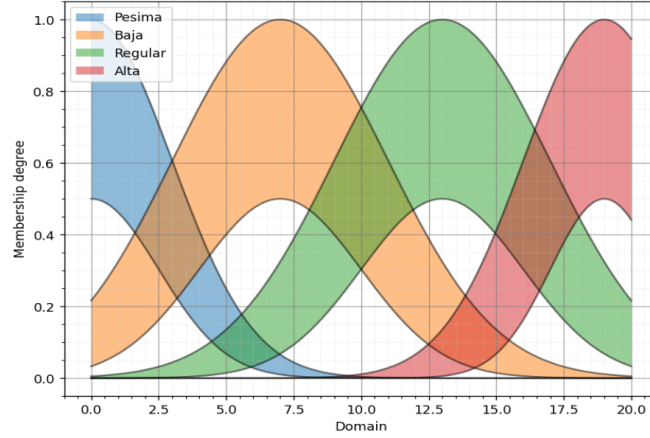
2. Comida: Malo ( $\mu = 1, \sigma = [2,5,2]$ ), Normal ( $\mu = 5, \sigma = [2,5,2]$ ), Buena ( $\mu = 7, \sigma = [2,1,5]$ ) y Excelente ( $\mu = 9, \sigma = [3,2]$ ).



3. Lugar: Malo ( $\mu = 0, \sigma = [3,2]$ ), Aceptable ( $\mu = 3,5, \sigma = [2,5,2]$ ), Agradable ( $\mu = 6, \sigma = [2,1,5]$ ) y Excelente ( $\mu = 9, \sigma = [3,2]$ ).



4. Propina: Pésima ( $\mu = 0, \sigma = [3, 2, 5]$ ), Baja ( $\mu = 7, \sigma = [4, 3]$ ), Regular ( $\mu = 13, \sigma = [4, 3]$ ) y Alta ( $\mu = 19, \sigma = [3, 2]$ ).



Considerando que se está trabajando con un sistema difuso tipo II, es necesario especificar tanto la función de membresía que se encuentra en un rango superior, como la que se encuentra en un rango inferior. Por simplicidad, se optó por usar funciones de membresía Gaussianas en donde la función de membresía superior tiene una desviación estándar mayor que la función de membresía inferior, compartiendo la misma media. También cabe mencionar que se le asignó un valor de 1 a la función superior y un valor de 0.5 a la función inferior para que la huella difusa fuera alta.

Para aplicar la parte del sistema de lógica tipo 2, se siguió acorde a la documentación de Haghray et al. (2025) y de lo mencionado en el artículo de Lu (2015), de donde se menciona que se aplican 2 sistemas, un sistema clásico mandhami para las inferencias pero con un reductor de tipo basado en el algoritmo de Karnik-Mendel.

### 2.3. Reglas de inferencia.

A continuación se muestran las treinta y dos reglas que se construyeron para este problema:

1. R1: Si **SERVICIO** es *BUENO*, la **COMIDA** es *BUENA* y el **LUGAR** es *ACEPTABLE*, la **PROPINA** es *REGULAR*.
2. R2: Si **SERVICIO** es *BUENO*, la **COMIDA** es *BUENA* y el **LUGAR** es *AGRADABLE*, la **PROPINA** es *ALTA*.
3. R3: Si **SERVICIO** es *BUENO*, la **COMIDA** es *BUENA* y el **LUGAR** es *EXCELENTE*, la **PROPINA** es *ALTA*.
4. R4: Si **SERVICIO** es *BUENO*, la **COMIDA** es *BUENA* y el **LUGAR** es *MALO*, la **PROPINA** es *REGULAR*.
5. R5: Si **SERVICIO** es *BUENO*, la **COMIDA** es *EXCELENTE* y el **LUGAR** es *AGRADABLE*, la **PROPINA** es *ALTA*.
6. R6: Si **SERVICIO** es *BUENO*, la **COMIDA** es *EXCELENTE* y el **LUGAR** es *EXCELENTE*, la **PROPINA** es *ALTA*.
7. R7: Si **SERVICIO** es *BUENO*, la **COMIDA** es *MALA* y el **LUGAR** es *ACEPTABLE*, la **PROPINA** es *BAJA*.
8. R8: Si **SERVICIO** es *BUENO*, la **COMIDA** es *MALA* y el **LUGAR** es *AGRADABLE*, la **PROPINA** es *BAJA*.
9. R9: Si **SERVICIO** es *BUENO*, la **COMIDA** es *MALA* y el **LUGAR** es *EXCELENTE*, la **PROPINA** es *BAJA*.
10. R10: Si **SERVICIO** es *BUENO*, la **COMIDA** es *MALA* y el **LUGAR** es *MALO*, la **PROPINA** es *BAJA*.
11. R11: Si **SERVICIO** es *BUENO*, la **COMIDA** es *NORMAL* y el **LUGAR** es *ACEPTABLE*, la **PROPINA** es *REGULAR*.
12. R12: Si **SERVICIO** es *BUENO*, la **COMIDA** es *NORMAL* y el **LUGAR** es *AGRADABLE*, la **PROPINA** es *REGULAR*.
13. R13: Si **SERVICIO** es *BUENO*, la **COMIDA** es *NORMAL* y el **LUGAR** es *EXCELENTE*, la **PROPINA** es *ALTA*.

14. R14: Si **SERVICIO** es *BUENO*, la **COMIDA** es *NORMAL* y el **LUGAR** es *MALO*, la **PROPINA** es *REGULAR*.
15. R15: Si **SERVICIO** es *MALO*, la **COMIDA** es *MALA* y el **LUGAR** es *ACEPTABLE*, la **PROPINA** es *PÉSIMA*.
16. R16: Si **SERVICIO** es *MALO*, la **COMIDA** es *MALA* y el **LUGAR** es *AGRADABLE*, la **PROPINA** es *BAJA*.
17. R17: Si **SERVICIO** es *MALO*, la **COMIDA** es *MALA* y el **LUGAR** es *EXCELENTE*, la **PROPINA** es *BAJA*.
18. R18: Si **SERVICIO** es *MALO*, la **COMIDA** es *MALA* y el **LUGAR** es *MALO*, la **PROPINA** es *PÉSIMA*.
19. R19: Si **SERVICIO** es *MALO*, la **COMIDA** es *NORMAL* y el **LUGAR** es *ACEPTABLE*, la **PROPINA** es *BAJA*.
20. R20: Si **SERVICIO** es *MALO*, la **COMIDA** es *NORMAL* y el **LUGAR** es *AGRADABLE*, la **PROPINA** es *BAJA*.
21. R21: Si **SERVICIO** es *REGULAR*, la **COMIDA** es *BUENA* y el **LUGAR** es *ACEPTABLE*, la **PROPINA** es *REGULAR*.
22. R22: Si **SERVICIO** es *REGULAR*, la **COMIDA** es *BUENA* y el **LUGAR** es *AGRADABLE*, la **PROPINA** es *REGULAR*.
23. R23: Si **SERVICIO** es *REGULAR*, la **COMIDA** es *EXCELENTE* y el **LUGAR** es *ACEPTABLE*, la **PROPINA** es *REGULAR*.
24. R24: Si **SERVICIO** es *REGULAR*, la **COMIDA** es *EXCELENTE* y el **LUGAR** es *EXCELENTE*, la **PROPINA** es *ALTA*.
25. R25: Si **SERVICIO** es *REGULAR*, la **COMIDA** es *EXCELENTE* y el **LUGAR** es *MALO*, la **PROPINA** es *REGULAR*.
26. R26: Si **SERVICIO** es *REGULAR*, la **COMIDA** es *MALA* y el **LUGAR** es *ACEPTABLE*, la **PROPINA** es *BAJA*.
27. R27: Si **SERVICIO** es *REGULAR*, la **COMIDA** es *MALA* y el **LUGAR** es *AGRADABLE*, la **PROPINA** es *BAJA*.
28. R28: Si **SERVICIO** es *REGULAR*, la **COMIDA** es *MALA* y el **LUGAR** es *EXCELENTE*, la **PROPINA** es *BAJA*.

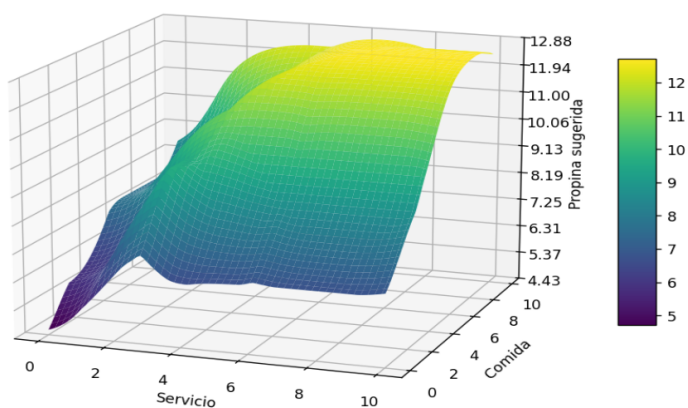


- 29. R29: Si **SERVICIO** es ***REGULAR***, la **COMIDA** es ***MALA*** y el **LUGAR** es ***MALO***, la **PROPINA** es ***PÉSIMA***.
- 30. R30: Si **SERVICIO** es ***REGULAR***, la **COMIDA** es ***NORMAL*** y el **LUGAR** es ***AGRADABLE***, la **PROPINA** es ***REGULAR***.
- 31. R31: Si **SERVICIO** es ***REGULAR***, la **COMIDA** es ***NORMAL*** y el **LUGAR** es ***EXCELENTE***, la **PROPINA** es ***REGULAR***.
- 32. R32: Si **SERVICIO** es ***REGULAR***, la **COMIDA** es ***NORMAL*** y el **LUGAR** es ***MALO***, la **PROPINA** es ***REGULAR***.

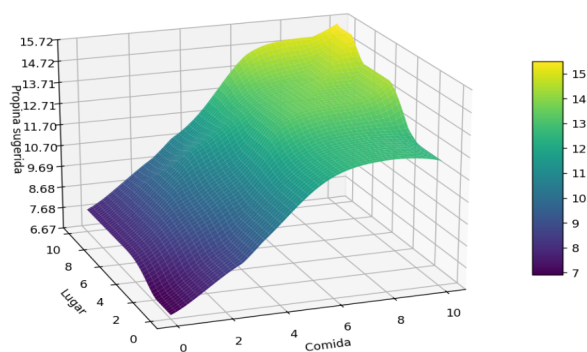
## 2.4. Gráficos del problema del mesero

A continuación se muestran 2 gráficas de superficie, una es el resultado de dejar fija la variable lugar en 0 y la otra es el resultado de dejar la variable Servicio en 10:

Superficie fijando el lugar



Superficie fijando el servicio



La gráfica producida muestra un comportamiento suave sin llegar a tocar los extremos de la propina (0 y 20).

## 2.5. Corridas de prueba: Casos mínimo, medio y máximo

Con la finalidad de probar el sistema, se hicieron 3 corridas para verificar los resultados. La corrida minima consta de dejar todos los valores de las variables en 0, la corrida media deja todos los valores de las variables en 5 y la corrida maxima deja todos los valores de las variables en 10.

```
>>> ##### Corrida minima
>>> evaluar_propina(0,0,0)
np.float64(4.598193185286057)
>>> ##### Corrida media
>>> evaluar_propina(5,5,5)
np.float64(12.036761555450706)
>>> ##### Corrida Alta
>>> evaluar_propina(10,10,10)
np.float64(15.543617379936725)
```

Figura 2

### 3. Conclusiones

El trabajar con un sistema de logica difusa tipo 2 abre las puertas a incorporar de forma más amplia el manejo de lo difuso entre las variables dentro de las funciones de membresia. Si bien, el sistema da buenos resultados, no es capaz de llegar a los máximos, por lo que es necesario definir de forma muy clara las funciones de membresia. Así mismo, una contra encontrada durante la experimentación, fue que la obtención de los valores CRISP puede llegar a volverse computacionalmente costosa, debido a que por cada valor CRISP es necesario primero hacer el procesado de las entradas y hacer la reducción de tipos con KMA, lo que le exige trabajo extra al programa.

## 4. Referencias

### Referencias

- Haghray, A. A., Ghaemi, S., and Badamchizadeh, M. A. (2025). Pyit2fls: An open-source python framework for flexible and scalable development of type 1 and interval type 2 fuzzy logic models. *SoftwareX*, 30:102146.
- Lu, T.-C. (2015). Genetic-algorithm-based type reduction algorithm for interval type-2 fuzzy logic controllers. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 42:36–44.

## 5. Anexos

Este reporte se envía con los códigos anexos que corresponden a:

1. El archivo en .py que corresponde a mi sistema.