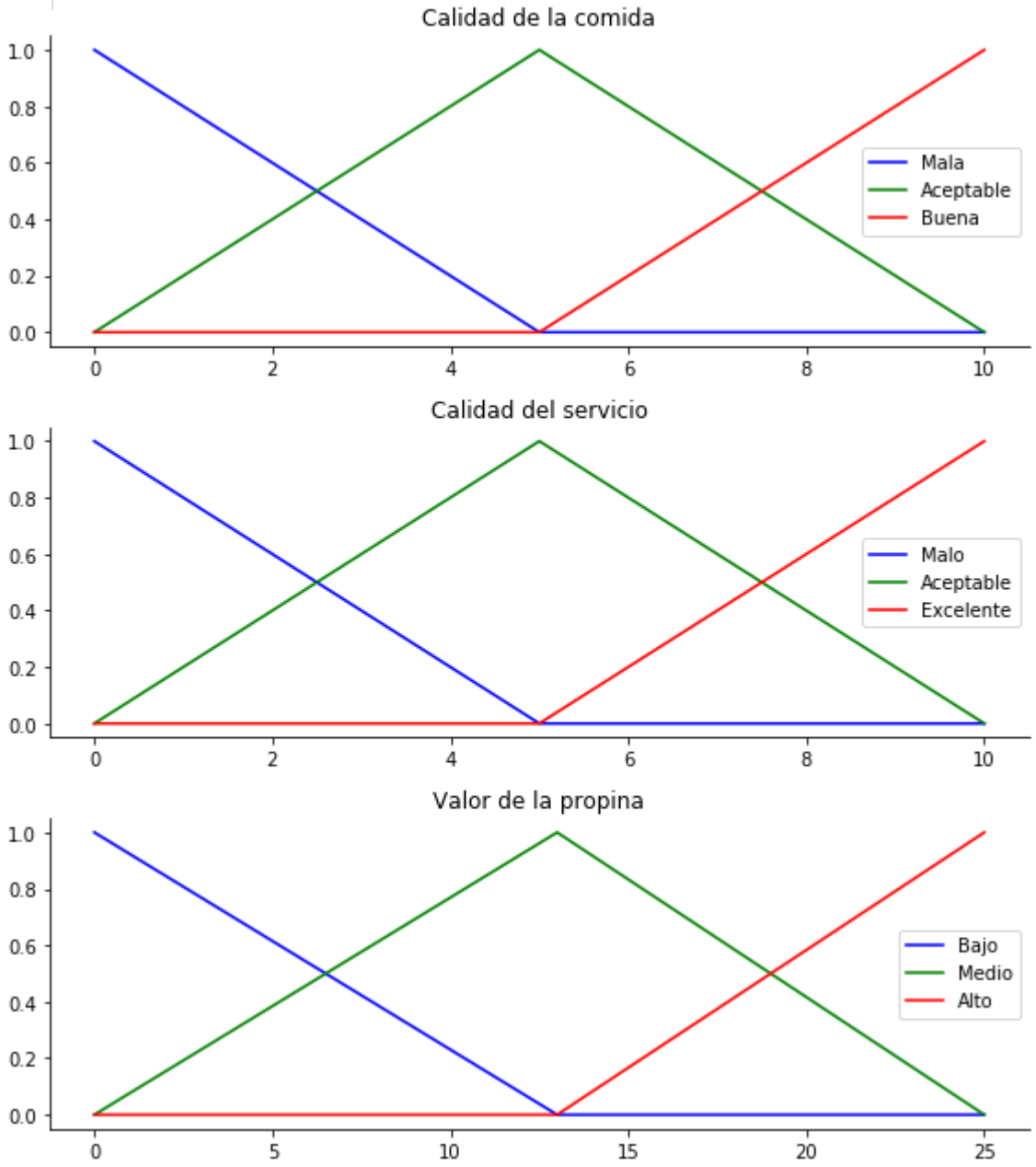
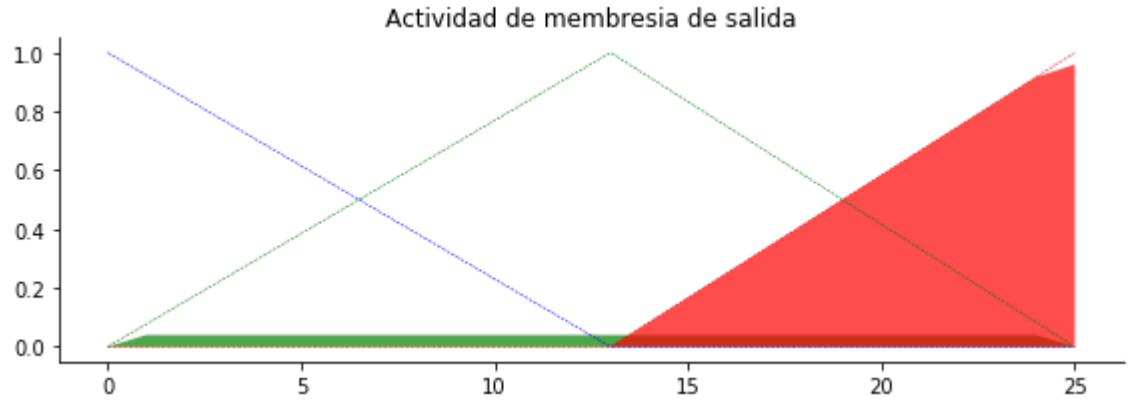
In [2]:

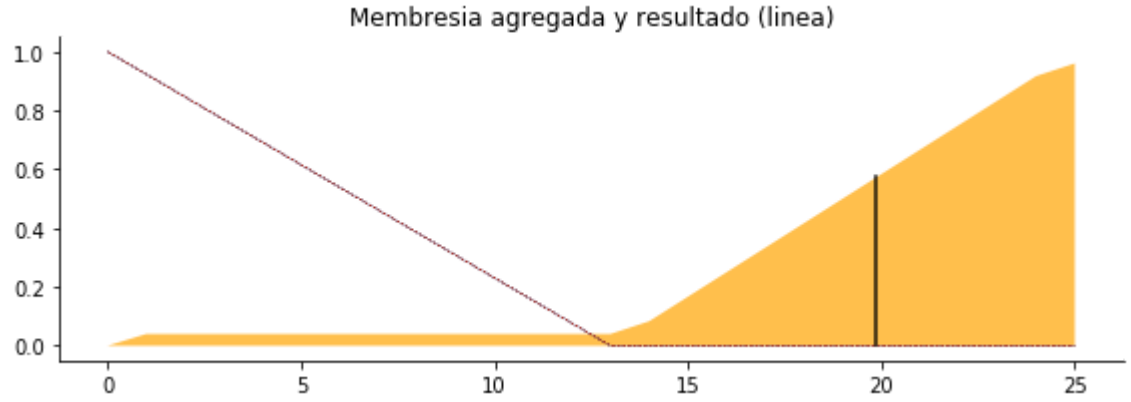
```
#CONTROL DIFUSO

#Encontrar valor de la propina a partir de la calidad del
#servicio y de la comida en un restaurante

#Importar Librerías
import numpy as np
import skfuzzy as fuzz
import matplotlib.pyplot as plt

#Generar variables del universo
# * Calidad y servicio en rangos subjetivos [0, 10]
# *  La  propina  tiene  un  rango  de  [0,  25]  en  unidades  d
x_calidad = np.arange(0, 11, 1)
x_servicio = np.arange(0, 11, 1)
x_propina = np.arange(0, 26, 1)

#Generar funciones de pertenencia difusas
calidad_baja = fuzz.trimf(x_calidad, [0, 0, 5])
calidad_media = fuzz.trimf(x_calidad, [0, 5, 10])
calidad_alta = fuzz.trimf(x_calidad, [5, 10, 10])
servicio_bajo = fuzz.trimf(x_servicio, [0, 0, 5])
servicio_medio = fuzz.trimf(x_servicio, [0, 5, 10])
servicio_alto = fuzz.trimf(x_servicio, [5, 10, 10])
propina_baja = fuzz.trimf(x_propina, [0, 0, 13])
propina_media = fuzz.trimf(x_propina, [0, 13, 25])
propina_alta = fuzz.trimf(x_propina, [13, 25, 25])

#Visualizar estos universos y funciones de pertenencia.
fig, (ax0, ax1, ax2) = plt.subplots(nrows=3, figsize=(8, 9))
ax0.plot(x_calidad, calidad_baja, 'b', linewidth=1.5, label='Mala')
ax0.plot(x_calidad, calidad_media, 'g', linewidth=1.5, label='Aceptable')
ax0.plot(x_calidad, calidad_alta, 'r', linewidth=1.5, label='Buena')
ax0.set_title('Calidad de la comida')
ax0.legend()

ax1.plot(x_servicio, servicio_bajo, 'b', linewidth=1.5, label='Malo')
ax1.plot(x_servicio, servicio_medio, 'g', linewidth=1.5, label='Aceptable')
ax1.plot(x_servicio, servicio_alto, 'r', linewidth=1.5, label='Excelente')
ax1.set_title('Calidad del servicio')
ax1.legend()

ax2.plot(x_propina, propina_baja, 'b', linewidth=1.5, label='Bajo')
ax2.plot(x_propina, propina_media, 'g', linewidth=1.5, label='Medio')
ax2.plot(x_propina, propina_alta, 'r', linewidth=1.5, label='Alto')
ax2.set_title('Valor de la propina')
ax2.legend()

#Ocultar los ejes superior / derecho
for ax in (ax0, ax1, ax2):
    ax.spines['top'].set_visible(False)
    ax.spines['right'].set_visible(False)
    ax.get_xaxis().tick_bottom()
    ax.get_yaxis().tick_left()
plt.tight_layout()

```

```
# Necesitamos La activacion de nuestras funciones de pertenencia difusa en e
# Los vaLores exactos 6.5 y 9.8 no existen en nuestros universos
# !Para esto existe fuzz.interp_membership!
nivel_calidad_bajo = fuzz.interp_membership(x_calidad, calidad_baja, 6.5)
nivel_calidad_medio = fuzz.interp_membership(x_calidad, calidad_media, 6.5)
nivel_calidad_alto = fuzz.interp_membership(x_calidad, calidad_alta, 6.5)
nivel_servicio_bajo = fuzz.interp_membership(x_servicio, servicio_bajo, 9.8)
nivel_servicio_medio = fuzz.interp_membership(x_servicio, servicio_medio, 9.
nivel_servicio_alto = fuzz.interp_membership(x_servicio, servicio_alto, 9.8)

# Ahora tomamos nuestras regLas y Las apLicamos. La regLa 1 se refiere a La
# EL operador OR significa que tomamos eL moximo de estos dos.
activar_regla1 = np.fmax(nivel_calidad_bajo, nivel_servicio_bajo)

# Ahora apLicamos esto recortondo La parte superior de La saLida correspondi
# funcion de membresia con 'np.fmin'
activacion_propina_baja = np.fmin(activar_regla1, propina_baja) # eLiminado

# Para La regLa 2, conectamos un servicio aceptabLe con una propina media.
activacion_propina_media = np.fmin(nivel_servicio_medio, propina_media)

# Para La regta 3, conectamos servicio bueno o comida buena con propinas alt
activar_regla3 = np.fmax(nivel_calidad_alto, nivel_servicio_alto)
activacion_propina_alta = np.fmin(activar_regla3, propina_alta)
propina0 = np.zeros_like(x_propina)

# visuaLizar to anterior
fig, ax0 = plt.subplots(figsize=(8, 3))
ax0.fill_between(x_propina, propina0, activacion_propina_baja, facecolor='b'
ax0.plot(x_propina, propina_baja, 'b', linewidth=0.5, linestyle='--', )
ax0.fill_between(x_propina, propina0, activacion_propina_media, facecolor='g
ax0.plot(x_propina, propina_media, 'g', linewidth=0.5, linestyle='--')
ax0.fill_between(x_propina, propina0, activacion_propina_alta, facecolor='r'
ax0.plot(x_propina, propina_alta, 'r', linewidth=0.51, linestyle='--')
ax0.set_title('Actividad de membresia de salida')

# CanceLar Los ejes superior / derecho
for ax in (ax0,):
    ax.spines['top'].set_visible(False)
    ax.spines['right'].set_visible(False)
    ax.get_xaxis().tick_bottom()
    ax.get_yaxis().tick_left()
    plt.tight_layout()

# Agregar Las tres funciones de pertenencia de saLida juntas
agregado = np.fmax(activacion_propina_baja,
np.fmax(activacion_propina_media, activacion_propina_alta))

# CaLcuLar eL resultado difuso
propina = fuzz.defuzz(x_propina, agregado, 'centroid')
activacion_propina = fuzz.interp_membership(x_propina, agregado, propina) #

# VisuaLizar Lo anterior
fig, ax0 = plt.subplots(figsize=(8, 3))
ax0.plot(x_propina, propina_baja, 'b', linewidth=0.5, linestyle='--', )
ax0.plot(x_propina, propina_baja, 'g', linewidth=0.5, linestyle='--', )
ax0.plot(x_propina, propina_baja, 'r', linewidth=0.5, linestyle='--', )
```

```
114 ax0.fill_between(x_propina, propina0, agregado, facecolor='Orange', alpha=0.
115 ax0.plot([propina, propina], [0, activacion_propina], 'k', linewidth=1.51, a
116 ax0.set_title('Membresia agregada y resultado (linea)')
117
118 # CanceLa Los ejes superior / derecho
119 for ax in (ax0,):
120     ax.spines['top'].set_visible(False)
121     ax.spines['right'].set_visible(False)
122     ax.get_xaxis().tick_bottom()
123     ax.get_yaxis().tick_left()
124
125 plt.tight_layout()
126
```




Actividad de membresia de salida
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
5
10
15
20
25


Membresia agregada y resultado (linea)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
5
10
15
20
25

In [ ]:
```
1
```