



# Ejercicio: Filas de Espera YPF

De Doménico Luciano

# Filas de espera en YPF

¿Qué es lo que más empeora tu experiencia en una estación de servicio?

Desabastecimiento

Clima

Olor a nafta

Dificultad en  
el pago

Altos precios

**Esperar.**

# Filas de espera en YPF

Largas filas de espera generan



Cientes comprando a la  
competencia



Malestar en los compradores

Deserción de clientes

Pérdida de fidelidad

Costos de oportunidad

# Filas de espera en YPF

## Objetivos

- Analizar las filas de espera en una estación.
- Mejorar la experiencia del cliente.
- Optimizar costos vinculados a la fila de espera



\*Estación de servicio estándar

# Filas de espera en YPF

## Datos

Una estación de servicio cuenta con 6 surtidores de combustible Nafta + Diesel.

La demanda es muy alta en las horas pico, y la gerencia está interesada en analizar el desempeño de la estación en este horario para mejorar la experiencia del cliente y optimizar costos.

Durante las horas pico llegan 40 vehículos por hora. Cada surtidor tiene la capacidad de atender a un 1 vehículo cada 8 minutos.

El precio promedio del litro de combustible es de \$1070 y se estima un costo por litro del 50% del precio.

El salario bruto de un empleado de estación es de \$980.000/mes y cada uno puede manejar 2 surtidores.

En promedio, cada vehículo tiene un tanque de 40lts y los clientes llenan 70% del mismo.

\*Datos supuestos





# Filas de espera en YPF

Calcular:

- 1) ¿Cuál es el % de ocupación de la estación?
- 2) ¿Cuántos vehículos hay en la cola durante las horas pico?
- 3) ¿Cuánto tiempo esperan los vehículos?
- 4) ¿Cuál es la probabilidad de todos los surtidores estén ocupados? ¿Y que estén libres?
- 5) ¿Cuál es el costo de mantener el sistema por hora?
- 6) ¿Qué pasa si se descompone un surtidor en hora pico?
- 7) ¿Se puede optimizar el sistema cambiando la cantidad de operadores?



# Filas de espera en YPF

Modelado del sistema:



Llegadas de la calle



- 3 operadores
- 6 surtidores

Surtidores laterales

Surtidores laterales

# Filas de espera en YPF

Analicemos la fila:



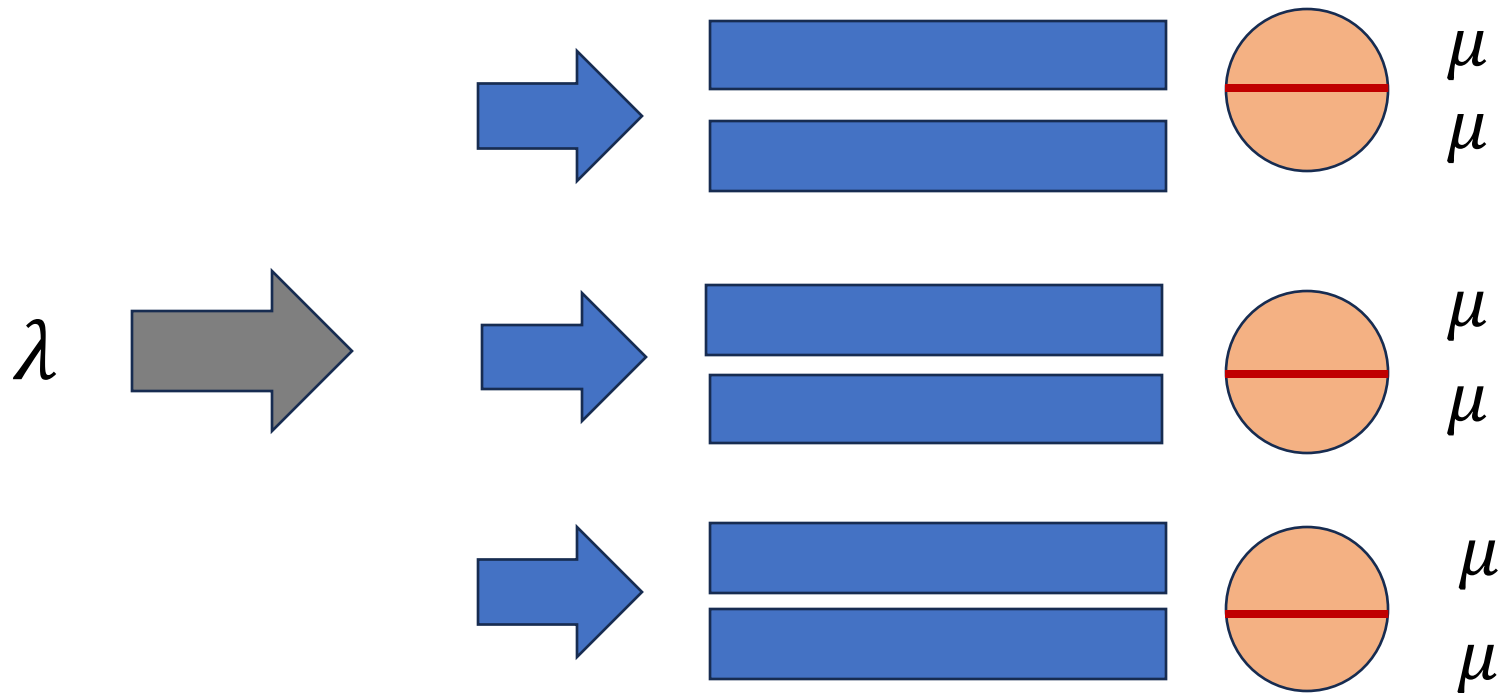
- Llegadas  $\lambda$ : 40 vehículos / hora.
- Despachos  $\mu$  : 1 vehículo / 8 minutos
- Surtidores:  $M = 6$

\*Datos supuestos



# Filas de espera en YPF

Modelado del sistema: M/M/6

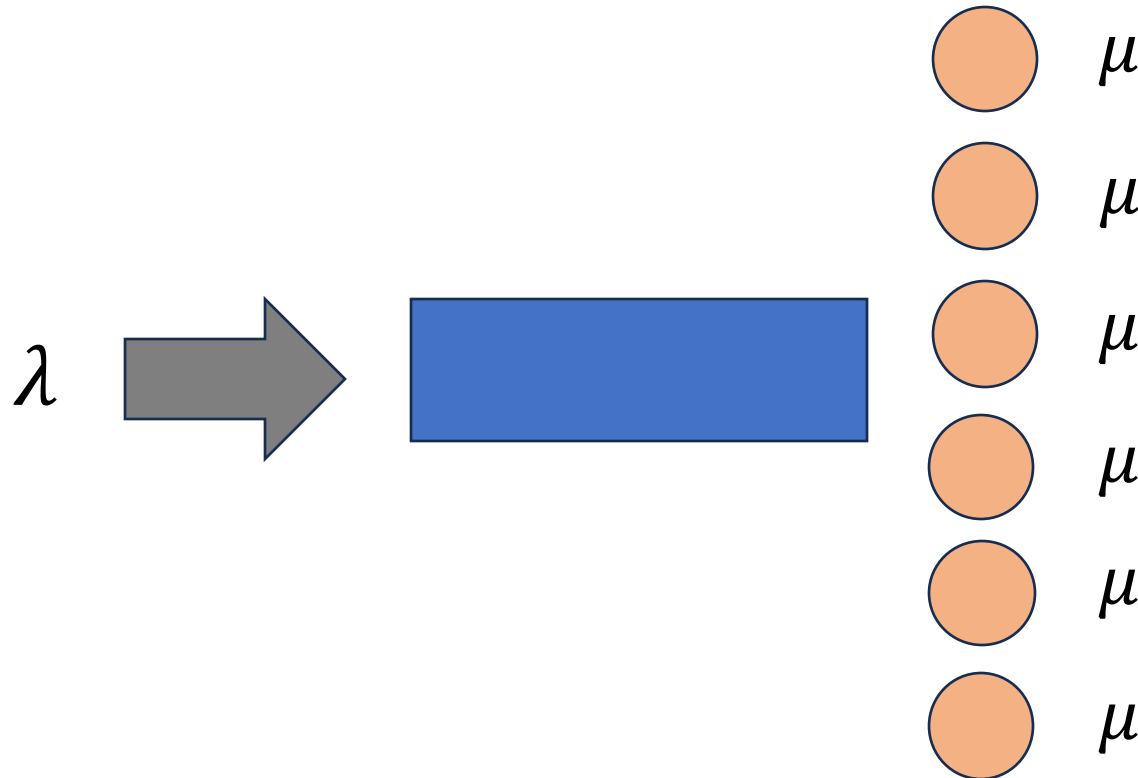


Como los vehículos pueden cambiar de fila, suponemos fila única

# Filas de espera en YPF

Modelado del sistema: M/M/6

De forma simplificada podemos pensar a los surtidores como servidores y que la fila es única.



# Filas de espera en YPF

¿Está sobrecargada la estación?

$$\rho = \frac{\lambda}{M\mu} \quad \rightarrow \quad \rho = \frac{40}{6 * 7.5} = 0.889$$

El sistema está al 88.9% de su capacidad, por tanto, es estable

¿Cuántos vehículos se juntan en la cola en hora pico?

$$Lq = \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^M \rho}{M!(1-\rho)^2} \quad \rightarrow \quad \text{Tenemos que calcular } P_0 \quad P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{i=0}^{M-1} \frac{(\lambda/\mu)^i}{i!} \right] + \frac{(\lambda/\mu)^M}{M!(1-\rho)}}$$

# Filas de espera en YPF

Cálculo de  $P_0$  → Probabilidad de que el sistema esté ocioso (vacío):

$$P_0 = \frac{1}{\left[ \frac{(40/7.5)^0}{0!} + \frac{(40/7.5)^1}{1!} + \frac{(40/7.5)^2}{2!} + \frac{(40/7.5)^3}{3!} + \frac{(40/7.5)^4}{4!} + \frac{(40/7.5)^5}{5!} \right] + \frac{(40/7.5)^6}{6!(1 - 0.889)}} = 0.25\%$$

Largo de la fila

$$Lq = \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^M \rho}{M!(1-\rho)^2} \Rightarrow Lq = \frac{0.0025 \left(\frac{40}{7.5}\right)^6 0.889}{6!(1 - 0.889)^2} = 5.76 \text{ vehículos}$$

En promedio, se acumulan 5.76 vehículos en la fila del surtidor

# Filas de espera en YPF

Tiempo de espera en la cola :  $W_q$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad W_q = \frac{5.76}{40} = 0.144 \text{ hr} = 8.64 \text{ min}$$

Tiempo de espera en el sistema:  $W_s$

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \quad \Rightarrow \quad W_s = 0.144 \text{ hr} + \frac{1}{7.5} = 16.64 \text{ min}$$

En promedio, un vehículo tarda 8.64 min en la fila de espera y 16.64 min en el sistema



# Filas de espera en YPF

Analicemos:

Llega un vehículo a cargar combustible y se encuentra con:



\*Datos promedio

Largo de la fila:  $L_q = 5.76$  vehículos

Tiempo de espera:  $W_q = 8.64$  min

Tiempo en servicio:  $W_s - W_q = 8$  min

Probabilidad de  
que no haya fila:  $P_0 = 0.25\%$

Prob. surtidores  
ocupados:  $1 - P_0 = 99.75\%$

# Filas de espera en YPF

Analicemos:

¿Cuánto cuesta mantener este sistema?

## Costos

- Precio del litro de combustible = \$1070
- Costo por litro (50% del precio) = \$535
- Salario bruto de un empleado = \$980,000 / mes
- Capacidad prom. del tanque = 40 litros
- Porcentaje de llenado del tanque = 70%
- Cada empleado maneja 2 surtidores

## Fórmulas de costo

$$\text{Costo total} = C_O + C_E$$

$$\left\{ \begin{array}{l} C_O = \lambda * Ws * e \\ C_E = M * Cm \end{array} \right.$$

# Filas de espera en YPF

## Costo de oportunidad

$$C_o = \lambda * W_s * e$$

$$C_o = 40 * 16.64 \text{ min}/60\text{min} * e$$

$$e = \% \text{ llenado del tanque} * \text{Capacidad lts} * (\text{Precio} - \text{Costo})$$

$$e = 70\% * 40\text{lts} * (\$ 1070 - \$ 535) = \$14.980 / \text{vehículo}$$

$$C_o = \$166.178 / \text{hr}$$

# Filas de espera en YPF

Costo de operación

$$C_E = M * C_m \quad \longrightarrow \quad C_m = \text{Costo del servidor}$$

$$\text{Costo de un servidor} = \frac{\text{Sueldo por hora}}{2} = \frac{\$980.000}{\frac{40hr}{sem} * \frac{4sem}{mes}} = \$6125/hr$$

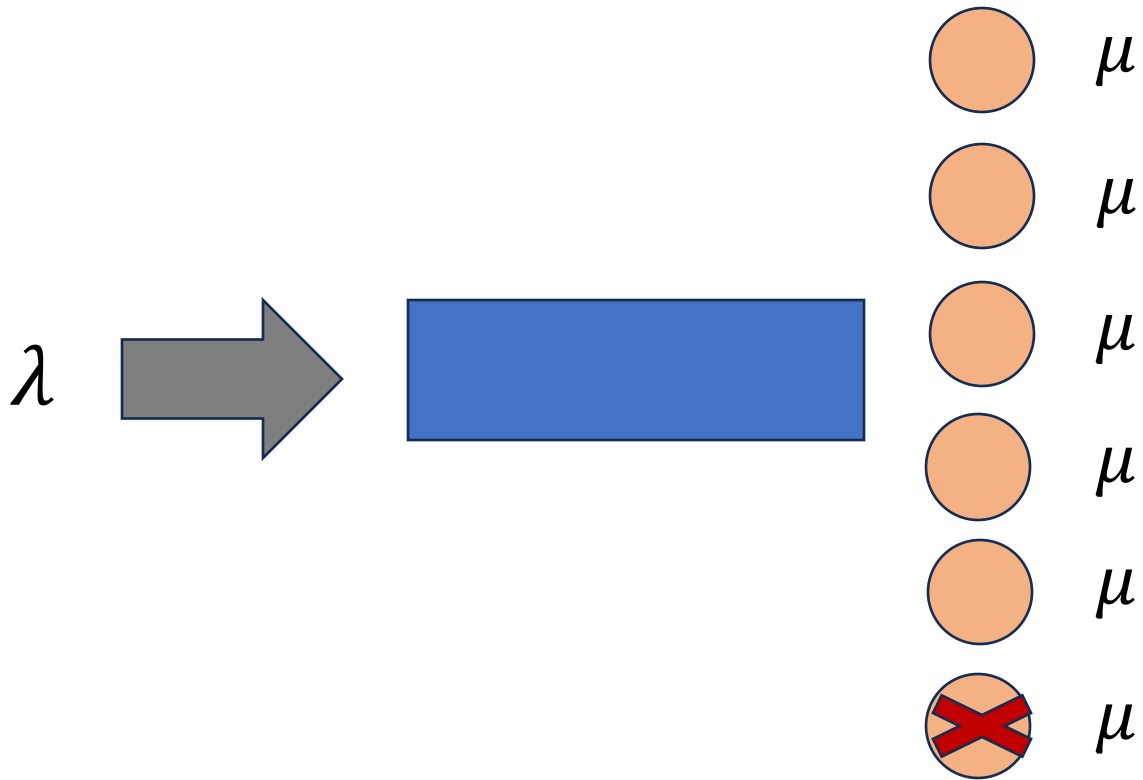
$$C_E = 6 * (\$6125/hr) = \$36.750/hr$$

$$\text{Costo total} \quad \longrightarrow \quad \text{Costo total} = C_O + C_E = \$202.928/hr$$

\*Un operador usa 2 surtidores

# Filas de espera en YPF

¿Y si se descompone un surtidor en hora pico?



$$\rho = \frac{\lambda}{M\mu}$$



$$\rho = \frac{40}{5 * 7.5} = 1.066$$

El da  $p > 1$ , por lo que el sistema se desbalancea y la fila crece infinitamente

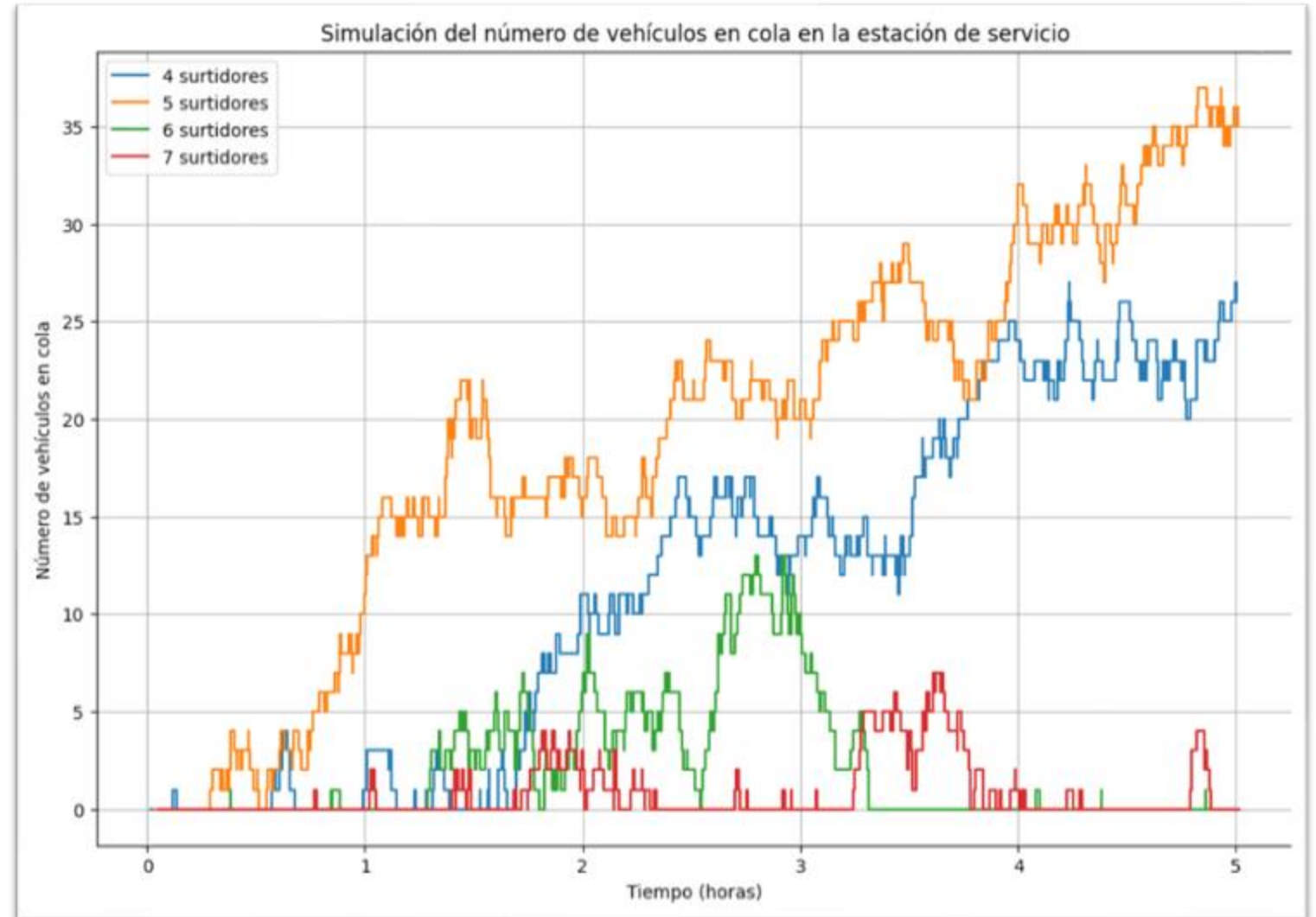


# Filas de espera en YPF

Simulemos en Python

[Acceso al notebook](#)

- Comportamiento del sistema con M servidores



# Filas de espera en YPF

Simulemos en Python

[Acceso al notebook](#)

- Costo de agregar más servidores

Agregar 1 operador más minimizaría el costo

