

1. Un almacén tiene un solo cajero. Los clientes llegan con una tasa promedio de 20 por hora. El cajero tarda en promedio 3 minutos en atender a cada cliente. ¿Cuál es el número promedio de clientes en la tienda? ¿Cuál es el tiempo promedio de espera en cola? ¿Cuál es la probabilidad de que el cajero esté desocupado?

$$\lambda = \frac{1}{3} ; \mu = \frac{1}{3} p$$

$$L_s = \frac{1}{3}$$

$$W_s = \frac{1}{3}$$

$$P_0 = 0$$

∴ Debido a que la velocidad de llegada es igual a la de atención, los clientes son atendidos apenas llegan, no hay clientes en el sistema, ni tiempo de espera siempre está ocupado.

2. Una estación de servicio tiene un solo surtidor. Los autos llegan con una tasa promedio de 15 por hora. El surtidor puede atender a un auto cada 5 minutos en promedio. ¿Cuál es la probabilidad de que haya al menos dos autos esperando? ¿Cuál es el factor de uso de la estación de servicio?

$$\lambda = 15/60 = 0,25 \text{ autos/minuto}$$

$$\mu = 1/5 = 0,20 \text{ autos/minuto}$$

$$P = 0.25 / 0,20 = 1,25$$

$$P_0 = 1 - P = -0,25$$

$$P_1 = [1 - P] \cdot P^1 = -0,31$$

$$PA_2 = 1 - P_0 - P_1 \rightarrow PA_2 = 1 - (-0,25) - (-0,31) = 1,56 \rightarrow 156\%$$

3. Un restaurante tiene un solo camarero. Los clientes llegan al restaurante con una tasa promedio de 30 por hora. El camarero tarda en promedio 2 minutos en atender a cada cliente. ¿Cuál es el tiempo promedio que un cliente pasa en el restaurante? ¿Cuál es la probabilidad de que haya 10 clientes en el sistema?

$$\lambda = 30/60 = 0,5 \text{ clientes/minuto}$$

$$\mu = 1/2 = 0,5 \text{ clientes/minuto}$$

$$W_s = 1/0 \Rightarrow \frac{1}{0}$$

$$P_0 = 0 \Rightarrow 0\%$$

4. Una oficina de atención al cliente tiene un solo empleado. Los clientes llegan a la oficina con una tasa promedio de 10 por hora. El empleado tarda en promedio 4 minutos en atender a cada cliente. ¿Cuál es la probabilidad de que no haya clientes

en la oficina? ¿Cuál es el promedio de clientes en cola?

$$\lambda = 0,16 \quad \mu = 0,25 \quad p = 0,64$$

$$1) p_0 = 1 - 0,64 = 36\%$$

$$2) LQ = 1,13$$

6. Un centro de llamadas tiene un solo operador. Las llamadas llegan al centro con una tasa promedio de 25 por hora. El operador tarda en promedio 2 minutos en atender una llamada. ¿Cuál es el número promedio de llamadas en espera? ¿Cuál es la probabilidad de que haya al menos 4 llamadas en espera?

$$\lambda = 25/60 = 0.42 \quad ; \quad \mu = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$Lq = 4.5$$

$$Pa_4 = 0.5$$

7. Una cafetería tiene un solo barista. Los clientes llegan a la cafetería con una tasa promedio de 40 por hora. El barista tarda en promedio 1 minuto en preparar cada café. ¿Cuál es la probabilidad de que haya exactamente tres clientes esperando en la cafetería?

$$\lambda = 40/60 = 0.67 \quad ; \quad \mu = 1/1 = 1$$

$$P_4 = 0.066 = 6.6\%$$

8. A un restaurante de comida rápida llegan en promedio 100 clientes por hora. En promedio atiende 150 clientes por hora. Calcular ¿cuál es la probabilidad de que el restaurante este ocioso?, ¿cuál es el número promedio de clientes en cola?

$$\lambda = 100/60 = 1.67 \quad ; \quad \mu = 150/60 = 2.5$$

$$P_0 = 0.33 = 33\%$$

$$Lq = 1.67$$

9. Un taller mecánico tiene un solo mecánico. Los clientes llegan al taller con una tasa promedio de 18 por hora. El mecánico tarda en promedio 6 minutos en reparar cada vehículo. ¿Cuál es el tiempo promedio que un vehículo pasa en el taller?

$$\lambda = 3/10 = 0.3 \quad ; \quad \mu = 1/6 = 0.16$$

$$Ws = -15/2 = -7.5$$

10. Una sala de espera tiene un solo recepcionista. Los visitantes llegan a la sala con una tasa promedio de 25 por hora. El recepcionista tarda en promedio 3 minutos en

atender a cada visitante. ¿Cuál es la probabilidad de que haya al menos cinco visitantes esperando en la sala?

$$\lambda = 25/60 = 0,416 \text{ visitantes/minuto}$$

$$\mu = 1/3 = 0,33 \text{ visitantes/minuto}$$

$$P = 0.416 / 0,33 = 1,26$$

$$P_0 = 1 - P = -0,26$$

$$P_1 = [1 - P] \cdot P^1 = -0,3276$$

$$P_2 = [1 - P] \cdot P^2 = -0,4127$$

$$P_3 = [1 - P] \cdot P^3 = -0,52$$

$$P_4 = [1 - P] \cdot P^4 = -0,6553$$

$$P_{A5} = 3,17 \rightarrow 317\%$$

11. A una línea de espera llegan 20 unidades por hora y el promedio de servicio es de 30 unidades por hora, analizar la probabilidad de que el sistema no esté ocupado. ¿Cuál es el tiempo promedio de espera en cola?

$$\lambda = 20/60 = 0,33 \text{ unidades/minuto}$$

$$\mu = 30/60 = 0,5 \text{ unidades/minuto}$$

$$W_q = 3,88 \text{ minutos}$$

12. La velocidad de llegada a un sistema es 2 unidades por hora y el factor de uso del sistema es del 50% Calcular el número promedio de unidades esperando en cola.

Sabemos que :

$$\lambda = 2 \text{ u/h}$$

$$P = 0,5 = \lambda / \mu$$

Reemplazamos en la fórmula de factor de uso y despejamos el valor de  $\mu$

$$0,5 = 2 / \mu$$

$$\mu = 4 \text{ u/h}$$

Calculamos  $L_q$

$$L_q = 0,5$$

13. Sabiendo que en una M/M/1 la probabilidad que haya uno y solo un cliente en el sistema es 0,22 Determinar la probabilidad que haya 4 cliente

Sabemos que:

$$P(1) = (1-P) * P = 0,22$$

Despejamos P

$$P - P^2 - 0,22 = 0$$

$$P^2 - P + 0,22 = 0$$

$$P = 0,673 \quad \text{O} \quad P = 0,326$$

Reemplazamos en

$$P(4) = (1-P) * P^4$$

$$P(4) = 0,066 \quad \text{O} \quad P(4) = 0,0079$$

14. A un taller mecánico llegan autos para ser revisados con un promedio de 18 vehículos/hora. La dimensión del local hace que solo puedan ingresar 4 vehículos. El taller despacha un promedio de 6 autos/hora.

- Calcular la probabilidad de que no haya autos en el taller
  - Promedio de vehículos en taller
  - ¿Cuánto tiempo, en promedio está un auto en el taller?
  - ¿Cuánto tiempo espera en cola?
  - ¿Cuál es la longitud de la cola?
- $P_0 = 0,0083 \rightarrow 0,83\%$
  - $L_s = 3,52$  vehiculos
  - $W_s = 0,59$  horas
  - $W_q = 0,423$  horas
  - $L_q = 2,53$  vehiculos

15. Un asesor tiene un local con 9 asientos. El cliente se va si no encuentra asientos libres. El tiempo promedio de llegada es 20 clientes por hora y lo atiende en 12 minutos en promedio.

- ¿Cuántas consultas por hora realiza?
  - ¿Cuántos clientes llegan efectivamente al local?
  - ¿Cuál es el tiempo promedio de permanencia en el local?
- $\mu = 5$  consultas/hora
  - $\lambda_{\text{efect}} = 4,99$  clientes
  - $W_s = 0,43$  horas

16. A un maxikiosco llegan en promedio 5 clientes por hora. El tiempo de servicio promedio es de 10 minutos (a la tienda solo pueden entrar 3 clientes en forma simultánea)

- a. Calcular la tasa de servicio promedio en clientes por hora
  - b. Calcular la tasa de utilización del sistema
  - c. Calcular en promedio la longitud de la cola
  - d. Tiempo promedio que un cliente paso en el sistema
  - e. Calcular la probabilidad de que no haya clientes en el sistema
- a.  $\mu = 6$  clientes/hora
- b.  $p = 0,83$
- c.  $Lq = 0,593$  clientes
- d.  $Ws = 0,254$  horas
- e.  $Po = 0,407 \rightarrow 40,7 \%$

17. Un restaurante tiene 20 mesas. Los clientes llegan al restaurante a razón de 30 personas por hora y el tiempo promedio para atender a cada mesa es de 20 minutos.

- a. Calcular el promedio de clientes en la cola.
  - b. ¿Cuál es la probabilidad de que todas las mesas estén ocupadas?
  - c. ¿Cuál es el tiempo promedio de permanencia de un cliente en el restaurante?
  - d. ¿Cuál es el tiempo promedio de espera en cola?
- a.  $Lq = 18,88$  clientes
- b.  $P20 = 0,9 \rightarrow 90\%$
- c.  $Ws = 0,6629$  horas
- d.  $Wq = 0,629$  horas

18. Un pequeño cine tiene una sala con capacidad para 50 personas. Los espectadores llegan al cine a razón de 10 personas por hora, y el tiempo promedio de atención en la taquilla es de 6 minutos.

- a. ¿Cuál es la probabilidad de que la sala esté vacía?
  - b. Calcular la longitud promedio de la cola.
  - c. ¿Cuál es el promedio de personas en la sala?
  - d. ¿Cuánto tiempo, en promedio, pasa un espectador en el cine?
  - e. ¿Cuál es el tiempo promedio de espera en cola?
- a.  $Po =$  No existe
- b.  $Lq = 24,02$  clientes
- c.  $Ls = 25$  clientes
- d.  $Ws = 2,5$  horas
- e.  $Wq = 2,4$  horas

19. Una estación de bicicletas tiene capacidad para 10 bicicletas. Las bicicletas llegan a la estación a una tasa promedio de 8 por hora y el tiempo de servicio promedio para estacionar una bicicleta es de 5 minutos.

- a. ¿Cuál es la longitud promedio de la cola?
  - b. Calcular el promedio de bicicletas en la estación.
  - c. ¿Cuánto tiempo, en promedio, una bicicleta está en la estación?
  - d. ¿Cuál es el tiempo promedio de espera en cola?
  - e. ¿Cuál es la probabilidad de que la estación esté vacía?
- a.  $L_q = 1,20$  bicicletas
  - b.  $L_s = 1,87$  bicicletas
  - c.  $W_s = 0,233$  horas
  - d.  $W_q = 0,15$  horas
  - e.  $P_0 = 0,337 \rightarrow 33,7 \%$

20. Una clínica tiene una sala de espera con capacidad para 7 pacientes. Los pacientes llegan a la clínica con una tasa de 5 por hora y el tiempo promedio de atención es de 10 minutos por paciente.

- a. ¿Cuál es la longitud promedio de la cola?
  - b. Calcular la probabilidad de que la sala de espera esté llena.
  - c. ¿Cuál es el promedio de pacientes en la sala de espera?
  - d. ¿Cuál es el tiempo promedio de permanencia de un paciente en la clínica?
  - e. ¿Cuál es el tiempo promedio de espera en cola?
- a.  $L_q = 1,791$  pacientes
  - b.  $P_7 = 0,0605 \rightarrow 6,05\%$
  - c.  $L_s = 2,573$  pacientes
  - d.  $W_s = 0,5146$  horas
  - e.  $W_q = 0,3582$  horas

21. Una librería pequeña puede albergar hasta 15 clientes. Los clientes llegan a la librería con una tasa promedio de 12 por hora y el tiempo promedio de compra es de 15 minutos.

- a. Calcular la probabilidad de que no haya clientes en la librería.
  - b. ¿Cuál es el tiempo promedio de permanencia de un cliente en la librería?
  - c. ¿Cuál es el promedio de clientes en la librería?
  - d. ¿Cuál es la longitud promedio de la cola?
  - e. ¿Cuál es el tiempo promedio de espera en cola?
- a.  $P_0 = 4,64 \times 10^{-8} \rightarrow 4,64 \times 10^{-6} \%$
  - b.  $W_s = 1,208$  horas
  - c.  $L_s = 14,5$  clientes
  - d.  $L_q = 13,5$  clientes
  - e.  $W_q = 1,125$  horas

22. Una tienda de ropa tiene un probador con capacidad para 3 clientes. Los clientes llegan al probador a razón de 10 por hora y el tiempo promedio de uso del probador es de 5 minutos.

- a. Calcular el promedio de clientes en el probador.
  - b. ¿Cuál es la probabilidad de que el probador esté vacío?
  - c. ¿Cuánto tiempo, en promedio, un cliente pasa en la tienda?
  - d. ¿Cuál es la longitud promedio de la cola?
  - e. ¿Cuál es el tiempo promedio de espera en cola?
- a.  $L_s = 1.27$  clientes
  - b.  $P_0 = 0.32 = 32\%$
  - c.  $W_s = 0.127$  horas
  - d.  $L_q = 0.596$  clientes
  - e.  $W_q = 0.059$  horas

23. Un café tiene 25 asientos. Los clientes llegan al café a razón de 40 por hora y el tiempo promedio para tomar un café es de 30 minutos.

- a. Calcular el tiempo promedio de espera en cola.
  - b. ¿Cuál es la longitud promedio de la cola?
  - c. ¿Cuál es el tiempo promedio que un cliente pasa en el café?
  - d. ¿Cuál es el promedio de clientes en el café?
  - e. ¿Cuál es la probabilidad de que el café esté lleno?
- a.  $W_q = 0,5986$  horas
  - b.  $L_q = 23,947$  clientes
  - c.  $W_s = 0,6236$  horas
  - d.  $L_s = 24,947$  clientes
  - e.  $P_{25} = 0,95 \rightarrow 95\%$

24. Una biblioteca tiene 10 computadoras para uso público. Los usuarios llegan a una tasa promedio de 6 por hora y el tiempo promedio de uso de una computadora es de 45 minutos.

- a. Calcular la probabilidad de que todas las computadoras estén ocupadas.
  - b. ¿Cuál es el promedio de usuarios en la biblioteca?
  - c. ¿Cuál es el tiempo promedio de permanencia de un usuario en la biblioteca?
  - d. ¿Cuál es la longitud promedio de la cola?
  - e. ¿Cuál es el tiempo promedio de espera en cola?
- a.  $P_n = 0.778 = 77.8\%$
  - b.  $L_s = 9.71$  clientes
  - c.  $W_s = 1.61$  horas
  - d.  $L_q = 8.71$  clientes
  - e.  $W_q = 1.45$  horas

25. Un centro de fotocopias tiene 5 máquinas. Los clientes llegan al centro a razón de 20 por hora y el tiempo promedio de servicio es de 3 minutos por cliente.

- a. Calcular la probabilidad de que todas las máquinas estén ocupadas.
- b. ¿Cuál es el promedio de clientes en el centro?
- c. ¿Cuál es el tiempo promedio que un cliente pasa en el centro de fotocopias?
- d. ¿Cuál es la longitud promedio de la cola?
- e. ¿Cuál es el tiempo promedio de espera en cola?
- f. Consultorio Veterinario:
  - a.  $P_n$  = no existe
  - b.  $L_s$  = 2 clientes
  - c.  $W_s$  = 0.1 horas
  - d.  $L_q$  = 1 cliente
  - e.  $W_q$  = 0.05 horas

26. Un consultorio veterinario puede atender a un máximo de 6 mascotas en la sala de espera. Los propietarios llegan con sus mascotas a una tasa promedio de 10 por hora y el tiempo promedio de consulta es de 12 minutos.

- a. Calcular la probabilidad de que la sala de espera esté llena.
  - b. ¿Cuál es la longitud promedio de la cola?
  - c. ¿Cuál es el tiempo promedio de espera en cola?
  - d. ¿Cuál es el promedio de mascotas en la sala de espera?
  - e. ¿Cuál es el tiempo promedio de permanencia de una mascota en el consultorio?
- a.  $P_6 = 0.503 = 50,3\%$
  - b.  $L_q = 4.06$  clientes
  - c.  $W_q = 0.406$  horas
  - d.  $L_s = 5.05$  clientes
  - e.  $W_s = 0.505$  horas

27. En una oficina de atención al cliente, dos empleados atienden a los visitantes. Los visitantes llegan con una tasa de 15 por hora. Cada empleado tarda en promedio 8 minutos en atender a un visitante. Calcula:

- a. La probabilidad de que no haya clientes en la oficina
- b. La longitud promedio de la cola
- c. El tiempo promedio que un visitante pasa en cola
- d. La probabilidad de que haya exactamente 4 visitantes en la oficina.

$$p = 1$$

- a.  $P_0 = 1 - p = 0$
- b.  $L_q = \#$
- c.  $W_q = \#$
- d.  $P_4 = -3 \rightarrow -300\%$



28. En un centro de llamadas, dos operadores atienden las llamadas entrantes. Las llamadas llegan con una tasa de 40 por hora. Cada operador puede atender una llamada en promedio en 2 minutos. Determina:
- La tasa de utilización del sistema
  - El número promedio de llamadas en espera
  - El tiempo promedio que una llamada pasa en el sistema
  - La probabilidad de que ambos operadores estén ocupados.
- $p = 0,6667$
  - $L_q = 1,33$  llamadas
  - $W_s = 0,05$  horas
  - $\sum (\infty; n = 2) = P_n$
29. En una librería, dos cajeros atienden a los clientes. Los clientes llegan a la librería con una tasa de 18 por hora. Cada cajero tarda en promedio 8 minutos en atender a un cliente. Determina:
- La tasa de llegada
  - La tasa de servicio
  - La longitud promedio de la cola
  - El tiempo promedio que un cliente pasa en la cola
- $1/\lambda = 0,055$
  - $1/\mu_s = 0,066$
  - $L_q = -7,2$  clientes
  - $W_q = -0,4$  horas
30. En un aeropuerto, dos agentes de seguridad revisan el equipaje de los pasajeros. El primer agente de seguridad puede revisar un equipaje en promedio en 4 minutos y el segundo en 6 minutos. Los pasajeros llegan a una tasa de 30 por hora. Calcula:
- La tasa de utilización del sistema
  - El número promedio de pasajeros en cola
  - El tiempo promedio que un pasajero pasa esperando en cola
  - La probabilidad de que ambos agentes estén ocupados.
- $p = 1,2$
  - $L_q = -7,2$  pasajeros
  - $W_q = -0,24$  horas
  - $\sum (\infty; n = 2) = P_n$
31. En una tienda de electrónicos, dos vendedores atienden a los clientes que llegan. El primer vendedor tarda en promedio 10 minutos en atender a un cliente y el segundo 5 minutos. Los clientes llegan con una tasa de 10 por hora. Calcula:
- La tasa de utilización del sistema
  - La probabilidad de que no haya clientes en la tienda
  - El número promedio de clientes en el sistema

- d. El tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema
- e. La probabilidad de que haya al menos 2 clientes en el sistema

Con selección de servidor:

- a.  $p = 0,555$
- b.  $P_0 = 0,297 \rightarrow 29,7 \%$
- c.  $L_s = 1,57$  clientes
- d.  $W_s = 0,157$  horas
- e.  $P_{a2} = 1 - P_0 - P_1 - P_2 = 1,01 \rightarrow 101\%$

Sin selección de servidor:

- a.  $p = 0,555$
- b.  $P_0 = 0,262 \rightarrow 26,2 \%$
- c.  $L_s = 1,657$  clientes
- d.  $W_s = 0,165$  horas
- e.  $P_{a2} = 1 - P_0 - P_1 - P_2 = 1,04 \rightarrow 104\%$

32. En un taller mecánico, dos mecánicos atienden los vehículos que llegan para ser reparados. El primer mecánico tarda en promedio 8 minutos en reparar un vehículo y el segundo 12 minutos. Los vehículos llegan al taller con una tasa de 12 por hora. Calcula:

- a. La probabilidad de que no haya vehículos en el taller
- b. El número promedio de vehículos en el taller
- c. El tiempo promedio que un vehículo pasa en el taller
- d. La probabilidad de que haya al menos 3 vehículos en el sistema.

Con selección de servidor:

- a.  $P_0 = 0,021 \rightarrow 2,1 \%$
- b.  $L_s = 24,47$  vehiculos
- c.  $W_s = 2,03$  horas
- d.  $P_3 = -1,76 \rightarrow -176\%$

Sin selección de servidor:

- a.  $P_0 = 0,0196 \rightarrow 1,96 \%$
- b.  $L_s = 24,50$  vehiculos
- c.  $W_s = 2,04$  horas
- d.  $P_3 = -1,76 \rightarrow -176\%$

33. Una clínica veterinaria tiene dos veterinarios. Los clientes llegan con sus mascotas con una tasa promedio de 25 por hora y pueden elegir entre cualquiera de los dos veterinarios. Cada veterinario puede atender a una mascota en un promedio de 7 minutos. Calcular:

- a. La tasa de utilización del sistema
  - b. El número promedio de clientes en cola
  - c. El tiempo promedio que un cliente pasa esperando en cola
  - d. La probabilidad de que ambos veterinarios estén ocupados.
- a.  $p = 1,45$
  - b.  $L_q = -4,63$  mascotas
  - c.  $W_q = -0,18$  horas
  - d.  $\sum (\infty; n = 2) = P_n$

34. En un centro de atención médica, se manejan dos tipos de pacientes: pacientes de emergencia (alta prioridad) y pacientes regulares (baja prioridad). Los pacientes de emergencia llegan al centro con una tasa de 4 pacientes por hora, mientras que los pacientes regulares llegan con una tasa de 12 pacientes por hora. El centro de atención tiene dos médicos que atienden a los pacientes según su prioridad. Los tiempos de servicio son exponenciales con una tasa de servicio de 8 pacientes por hora para cualquier tipo de paciente.

- a. ¿Cuál es el tiempo promedio que un paciente de emergencia pasa en el sistema?
- b. ¿Cuál es el tiempo de espera en cola?

35. Un hospital tiene un servicio de emergencias y un servicio regular. Los pacientes de emergencia tienen prioridad sobre los pacientes regulares. Los pacientes llegan al hospital con las siguientes tasas:

- Los pacientes de emergencia llegan a una tasa de 5 pacientes por hora.
- Los pacientes regulares llegan a una tasa de 15 pacientes por hora.
- La tasa de servicio del hospital es de 10 pacientes por hora.

Se desea calcular lo siguiente:

- a. La tasa de utilización del sistema
- b. El número promedio de pacientes en cola
- c. El tiempo promedio de espera en cola

36. En una oficina de atención al cliente, los clientes llegan con una tasa promedio de 20 clientes por hora, siguiendo una distribución de Poisson. El tiempo de servicio de cada cliente es variable y sigue una distribución general con una media de 4 minutos y una varianza de 9 minutos cuadrados

- a. Determinar el factor de utilización del servidor  $p=1,33$
- b. Estimar el tiempo promedio de espera en cola

37. En una empresa que produce y vende alimento para perros tiene un local de atención al cliente con un solo empleado para atención al público. Se determina que la probabilidad que nadie vaya a solicitar productos es 0,22, pero cuantos más clientes hay mayor es la velocidad con que se van a comprar. Se verifica que  $\lambda_i = (1/2) \mu_i + 1$  ¿Cuál es la probabilidad que en el sistema haya al menos 4 clientes?
38. Un supermercado atiende con prioridades, los clientes de CLASE 1 (embarazadas y ancianos), los clientes de CLASE 2 (todos los restantes). En un momento dado hay un cliente CLASE 2 en la caja, al que le faltan 60 segundos para completar su atención, en cola hay 3 clientes CLASE 2 cuyos tiempos medios de servicio es 5 minutos y 2 clientes CLASE 1 cuyo tiempo medio de servicio es 4 minutos. Llega un nuevo cliente CLASE 1 ¿Cuánto deberá esperar en cola y cuánto permanecerá en el sistema?
39. Al mostrador de atención al cliente en una tienda, los clientes llegan con una tasa promedio de 20 clientes por hora. El tiempo de servicio es determinístico, con un tiempo medio de 2 minutos por cliente.
- Calcular la tasa de llegada y la tasa de servicio
  - Determinar el factor de utilización del sistema
  - Calcular la longitud promedio de la cola
40. En una fábrica disponen de dos robots iguales, nuevos, tales que puede hacerse la simplificación que trabajan a la misma velocidad. Su función es tapar frascos de medicamentos. Los frascos llegan a razón de 100 frascos por hora y los robots colocan las tapas con una velocidad de 100 tapas/hora (una tapa por frasco) cada uno. Hallar L y W si los dos robots funcionan correctamente
41. Se tiene un sistema de colas con prioridades que atiende dos clases de clientes: clientes clase-1 y clientes clase-2. En el servidor hay un cliente clase 1 al que le faltan 15 segundos para completar su atención. En cola hay 12 clientes clase-2 cuyo tiempo medio de servicio es 40 segundos por cliente y 6 clientes clase-1 cuyo tiempo medio de servicio es 30 segundos por cliente. Llega un nuevo cliente clase-1.
- ¿Cuánto permanecerá en el sistema?
  - ¿Cuánto deberá esperar en cola?
42. En una oficina de correos, hay dos procesos en tándem para manejar los paquetes. El primer proceso (Clasificación) tiene un tiempo de servicio exponencial medio de 7 minutos por unidad. Una vez clasificados, los paquetes pasan al segundo proceso

(Despacho), que tiene un tiempo de servicio exponencial medio de 12 minutos. Los paquetes llegan a la clasificación con una tasa de llegada de 4 paquetes por hora.

- a. Determina la tasa de utilización de cada proceso
- b. Calcula la longitud media de la cola en Clasificación y Despacho.
- c. Encuentra el tiempo medio que un paquete pasa en el sistema de la oficina de correos.

43. Una empresa tiene un sistema de producción con dos etapas en tándem. En la primera etapa, hay una sola máquina que opera como una cola  $M/M/1$ , y en la segunda etapa, hay dos máquinas operando en paralelo como una cola  $M/M/2$ . La primera máquina (Estación A) tiene un tiempo de servicio exponencial medio de 5 minutos por unidad. Las unidades que completan el servicio en la Estación A se dirigen a la Estación B, donde hay dos máquinas idénticas (Estación B1 y Estación B2) con tiempos de servicio exponenciales medios de 8 minutos por unidad cada una. Las unidades llegan a la Estación A con una tasa de llegada de 6 unidades por hora.

- a. Calcula la tasa de utilización de la Estación A y de cada máquina en la Estación B.
- b. Determina la longitud media de la cola en la Estación A y en la Estación B.
- c. Calcula el tiempo medio que una unidad pasa en el sistema completo, desde su llegada a la Estación A hasta que termina en la Estación B.

44. Una empresa de logística tiene un sistema de procesamiento de paquetes en dos etapas en tándem. Los paquetes llegan a la primera etapa (Estación A) y luego pasan a la segunda etapa (Estación B). La Estación A tiene una sola máquina que opera como una cola  $M/M/1$  con un tiempo de servicio exponencial medio de 4 minutos por paquete. Los paquetes que completan el servicio en la Estación A se dirigen a la Estación B, donde hay dos máquinas idénticas operando en paralelo como una cola  $M/M/2$  con tiempos de servicio exponenciales medios de 6 minutos por paquete cada una. Paquetes de alta prioridad llegan a la Estación A con una tasa de llegada de 8 paquetes por hora. Paquetes de baja prioridad llegan a la Estación A con una tasa de llegada de 12 paquetes por hora. Los paquetes son atendidos en orden de llegada, sin distinción de prioridad en el procesamiento.

- a. Calcula la tasa de utilización de la Estación A y de cada máquina en la Estación B.
- b. Determina la longitud media de la cola en la Estación A y en la Estación B.
- c. Calcula la longitud media de la cola en la Estación A y en la Estación B.
- d. Calcula el tiempo medio que una unidad pasa en el sistema completo, desde su llegada a la Estación A hasta que termina en la Estación B.