

TÉCNICAS DE SIMULACIÓN
OCTUBRE 2021 – MARZO 2022
EXAMEN FINAL

NOMBRE: John Silva

CODIGO: 6615

(6 PUNTOS)

1. Un supermercado tiene dos cajas. Los clientes llegan a cada caja según una distribución Poisson de intensidad 30 por hora. Los clientes eligen las cajas al azar, creándose una cola para cada caja. El número de productos que cada cliente lleva está exponencial distribuido con una media de 15 productos. Procesar un producto en cualquier caja lleva 4 segundos según una exponencial. El supermercado labora 10 horas diarias. Determine:
- a) La cantidad de minutos de espera de un cliente por su caja.
 - b) Probabilidad de encontrar al menos un usuario esperando por su caja.
 - c) Número esperado de usuarios esperando por ambas cajas del supermercado.
 - d) Total de horas diarias que pasan ambas cajas desocupadas, concurrentemente o no.
 - e) Costo total del sistema de ambas cajas si cada empleado que labora en ellas cobra 10 dólares por hora y por cada hora que un cliente deba esperar para ser atendidos se estima una pérdida de 50 dólares.

Del problema planteado exponga lo siguiente:

1.1. Desarrollo inicial del problema, identificación del tipo de problema, parámetros y datos del sistema, verificación de condición de estabilidad (si se requiere):

Tipo de problema: PICS

$K = 1$ (Son 2 cajas iguales)

$H_{Lab} = 10$ horas

$CTE = 50$ \$ / hora

$CS = 10$ \$ / hora

$\lambda = 30$ clientes / hora

$\mu = 60$ clientes / hora

$$\frac{1 \text{ cliente}}{15 \text{ productos}} \cdot \frac{1 \text{ producto}}{4 \text{ segundos}} \cdot \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hora}} = \frac{60 \text{ clientes}}{\text{hora}}$$

$$\text{Estabilidad} = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{30}{60} = \frac{3}{6} = 0.50 < 1 \text{ Cumple}$$

k	1
λ	30
μ	60
$\rho = \lambda / \mu$	0.500

Estabilidad	VERDADERO
-------------	-----------

1.2. Desarrollo del literal a):

La cantidad de minutos de espera de **un cliente** por su caja:

Como se requiere saber el tiempo en cola de un cliente en específico, se utiliza la fórmula W_n , es decir de colas no vacías.

$$W_n = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

$W_n = 0.033$ horas por cliente

Expresando en razón de minutos es igual a 1.98 min. Por lo tanto la cantidad de minutos que espera es **2**.

W_q	0.02
W_s	0.03
W_n	0.03

1.3. Desarrollo del literal b):

Probabilidad de encontrar al menos un usuario esperando por su caja.

Aplicamos la fórmula para encontrar n clientes:

$$P_n = P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n, \text{ considere que: } \sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1$$

$$P = 1 - (0.50 + 0.25 + 0.125) = 0.13$$

Por lo tanto, la probabilidad de que haya al menos un cliente esperando por la caja es del 13 %.

n	0	1	2
P_n	0.50	0.25	0.125
P	0.13	al menos 1	

1.4. Desarrollo del literal c):

Número esperado de usuarios esperando por ambas cajas del supermercado

Aplicamos la fórmula de los clientes esperados en cola L_q :

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

$$L_q = 0.5 \text{ clientes}$$

Como en este caso son 2 cajeros duplicamos el valor.

$$0.5 * 2 = 1 \text{ cliente debe esperar}$$

L_q	0.50
L_s	1.00

1.5. Desarrollo del literal d):

Total, de horas diarias que pasan ambas cajas desocupadas, concurrentemente o no

Primero encontramos la probabilidad de encontrar el sistema vacío u ocioso:

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

Po = 0.50, como nos pide el total de horas diarias realizamos la multiplicación

$10 * 0.50 = 5$ h, como son 2 cajas $= 5 * 2 = 10$ h.

Po	0.5000
----	--------

1.6. Desarrollo del literal e):

Costo total del sistema de ambas cajas si cada empleado que labora en ellas cobra 10 dólares por hora y por cada hora que un cliente deba esperar para ser atendidos se estima una pérdida de 50 dólares

Aplicamos las fórmulas para CTTE y CTS, la sumatoria corresponde al costo total del sistema

$$CT_{TE} \left(\frac{\$}{d} \right) = \lambda * 10 * W_q * C_{TE}$$

$$CT_S \left(\frac{\$}{d} \right) = C_S * 10$$

CTTE = 250\$

CTS = 100\$

El costo total del Sistema es de 350\$.

Como son 2 cajas $= 350 * 2 = 700\$$.

Wq	0.02
Ws	0.03
Wn	0.03

CTE	\$	50.00
CTS		
CTSE	\$	-
CS	\$	10.00

CTTE	\$	250.00
CTTS	\$	-
CTTSE	\$	-
CTS	\$	100.00

Deberá incluir las pantallas de la aplicación informática desarrollada en el período académico para la resolución de problemas de teoría de colas.

(6 PUNTOS)

2. En una planta de fabricación en serie, existen dos tipos de piezas que llegan a las máquinas disponibles. Las piezas de tipo 1 llegan a la cola de la primera máquina según una exponencial de media 3 minutos. Las piezas de tipo 2 llegan a la cola de la segunda máquina según una exponencial de media 2 minutos. Las piezas de tipo 1 son atendidas primero por la máquina 1 y luego pasan a la máquina dos. Las piezas de tipo 2 son atendidas primero por la máquina 2 y luego van a la máquina 1. Existen 3 montacargas para trasladar las piezas de la máquina 1 a la 2 en 2 minutos y de la máquina 2 a la 1 en 3 minutos. Todas las piezas son atendidas luego por la máquina 3, para lo cual también usan algún montacargas y se demoran 1 minuto en su traslado. La atención de los montacargas es con disciplina FIFO. En todas las máquinas existentes, el tiempo medio de procesamiento de cada pieza se distribuye exponencialmente con una media de 3 minutos. Luego de que las piezas son atendidas por la máquina 3, se verifica su condición de calidad a través de un inspector que realiza la inspección entre 2 y 3 minutos según un proceso uniforme. La inspección es la última actividad que se realiza en la planta. Estadísticamente se tiene que el 90% de las piezas cumplen las condiciones de calidad. La planta de fabricación funciona 12 horas diaria. Haga la simulación en lenguaje SIMAN (según comandos vistos en clase) de un día laborable para determinar lo siguiente:
- a) Cantidad de piezas de cada tipo que cumplen las condiciones de calidad establecidas en la inspección.
 - b) Tiempo promedio que pasan las piezas completamente en la planta de fabricación.
 - c) Número promedio de piezas esperando en cada cola.
 - d) Utilización de los recursos.

Del problema planteado exponga lo siguiente:

2.1. Modelo del sistema SIMAN:

```
BEGIN;
PIEZAS1 CREATE: EX(1,1): MARK(1);
    ASSIGN: A(2) = 1 : NEXT(MUNO);

PIEZAS2 CREATE: EX(2,1): MARK(1);
    ASSIGN: A(2) = 2 : NEXT(MDOS);

REGRESO ASSIGN: A(2) = 3 : NEXT(MUNO);

MUNO  QUEUE, 1;
    SEIZE: MQUNO;
    DELAY: EX(6,1);
    RELEASE: MQUNO;

MCUD  QUEUE, 4;
    SEIZE: MTCARGAS,3;
    DELAY: EX(3,1);
    RELEASE: MTCARGAS,3 : NEXT(MDOS);

MDOS  QUEUE, 2;
    SEIZE: MQDOS;
    DELAY: EX(6,1);
    RELEASE: MQDOS;

MCDU  QUEUE, 5;
    SEIZE: MTCARGAS,3;
    DELAY: EX(4,1);
    RELEASE: MTCARGAS,3;
    BRANCH:
        IF,A(2).EQ.3, MTRES;
        ELSE, MUNO;
MTRES  QUEUE, 3;
    SEIZE: MQTRES;
    DELAY: EX(6,1);
    RELEASE: MQTRES;
```

```

MCTRES QUEUE, 6;
  SEIZE: MTCARGAS,1;
  DELAY: EX(5,1);
  RELEASE: MTCARGAS,1;

INSP  QUEUE,7;
  SEIZE: INSPECTOR;
  DELAY: UN(7,1);
  RELEASE: INSPECTOR;
  BRANCH, 1:
    WITH, 0.10, DESECHO:
    WITH, 0.90, CALIDAD;
DESECHO COUNT: 2: NEXT(SALIDA);
CALIDAD COUNT: 1;
SALIDA COUNT: 3;
  TALLY: 1, INT(1) : DISPOSE;
END;

```

```

Z:\Siman>model ef.mod

SIMAN IU Model Processor Version 1.2 - License #9150435
Copyright (C) 1991 by Systems Modeling Corporation. All rights reserved.

Model Output File [ef.M ]:
  BEGIN;
  1 PIEZAS1 CREATE: EX(1,1): MARK(1);
  2   ASSIGN: A(2) = 1 : NEXT(MUNO);

  3 PIEZAS2 CREATE: EX(2,1): MARK(1);
  4   ASSIGN: A(2) = 2 : NEXT(MDOS);

  5 REGRESO ASSIGN: A(2) = 3 : NEXT(MUNO);

  6 MUNO   QUEUE, 1;
  7   SEIZE: MQUNO;
  8   DELAY: EX(6,1);
  9   RELEASE: MQUNO;

 10 MCUD   QUEUE, 4;
 11   SEIZE: MTCARGAS,3;
 12   DELAY: EX(3,1);
 13   RELEASE: MTCARGAS,3 : NEXT(MDOS);

```

2.2. Modelo del experimento SIMAN:

```

BEGIN;
PROJECT,EXAMENF,SILVAJ,02/14/2022;
DISCRETE,500,2,9;
TALLIES: 1,TIEMPOSISTEMA;
COUNTERS: 1,PCALIDAD:
          2,PDESECHADAS;
          3,TOTALPIEZAS;
RESOURCES: 1,MQUNO:
          2,MQDOS:
          3,MQTRES:
          4,MTCARGAS,3:
          5,INSPECTOR;
PARAMETERS: 1,3:
          2,2:
          3,2:
          4,3:
          5,1:
          6,3:
          7,2,3;
DSTAT: 1,NQ(1),COLA MAQ UNO:
        2,NQ(2),COLA MAQ DOS:
        3,NQ(3),COLA MAQ TRES:
        4,NQ(4),COLA MC UNODOS:
        5,NQ(5),COLA MC DOSTRES:

```

```

6,NQ(6),COLA MC TRES:
7,NQ(7),COLA INSPECTOR:
8,NR(1),UTIL MAQ UNO:
9,NR(2),UTIL MAQ DOS:
10, NR(3),UTIL MAQ TRES:
11, NR(4),UTIL MC UNO DOS:
12, NR(5),UTIL MC DOS TRES:
13, NR(6),UTIL MC TRES:
14, NR(7),UTIL INSPECTOR;
REPLICATE, 1, 0, 720;
END;

```

```

Z:\Siman>expmt ef.exp

SIMAN IV Experiment Processor Version 1.2 - License #9150435
Copyright (C) 1991 by Systems Modeling Corporation. All rights reserved.

Experiment Output File [ef.E ]:
BEGIN;
1 PROJECT,EXAMENF,SILUAJ,02/14/2022;
2 DISCRETE,500,2,9;
3 TALLIES: 1,TIEMPOSISTEMA;
4 COUNTERS: 1,PCALIDAD:
            2,PDESECHADAS:
            3,TOTALPIEZAS;
5 RESOURCES: 1,MQUNO:
            2,MQDOS:
            3,MQTRES:
            4,MTCARGAS,3:
            5,INSPECTOR;
6 PARAMETERS: 1,3:
            2,2:
            3,2:
            4,3:
            5,1:
            6,3:
            7,2,3;
7 DSTAT: 1,NQ(1),COLA MAQ UNO:
        2,NQ(2),COLA MAQ DOS:
        3,NQ(3),COLA MAQ TRES:

```

2.3. Corrida de simulación SIMAN: