TP3-SIMULACIÓN DE UN MODELO MM1 E INVENTARIO

Galarza Karen
Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional
karengalarza94.kg@gmail.com

Gonzalez Aquino Yoana
Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional
yoanakim1@gmail.com

Grancelli Eliseo
Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional
eliseograncelli@gmail.com

Soto Matias Francisco
Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional
matiasfranciscosoto123@gmail.com

Petrelli Juan Franco
Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional
jfpetrelli@gmail.com

Agustina Monti
Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional
agusmonti10@gmail.com

Vighetti Agustina
Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional
agustina.vighetti@gmail.com

3 de noviembre de 2023

ABSTRACT

Desarrollar un algoritmo con el software Phyton y AnyLogic que simule tanto un sistema de colas del tipo M/M/1, como un modelo de inventario . Realizando un posterior analisis y comparacion.

1. Introducción

En este trabajo practico se estudiará, por un lado la teoria de colas (MM1). En muchas ocasiones de la vida real, un fenómeno muy común es la formación de colas o líneas de espera. Esto suele ocurrir cuando la demanda real de un servicio es superior a la capacidad que existe para dar dicho servicio. El estudio de las colas nos sirve para proporcionar tanto una base teórica del tipo de servicio que podemos esperar de un determinado recurso, como la forma en la cual dicho recurso puede ser diseñado para proporcionar un determinado grado de servicio a sus clientes.
Por otro lado se hará estudio tambien del modelo de inventario. Las empresas mantienen inventarios de materias primas y de productos terminados. Puesto que estos representan frecuentemente una considerable inversión, las decisiones con respecto a las cantidades de inventario son importantes. Los modelos y la descripción matemática de los sistemas de inventario constituyen una base para estas decisiones.

2. Enunciado

El trabajo consiste en realizar un estudio de simulación de un modelo MM1 y de Inventario.
En donde para MM1 se analice:

- Promedio de clientes en el sistema

- Promedio de clientes en cola.
- Tiempo promedio en sistema.
- Tiempo promedio en cola.
- Utilización del servidor.
- Probabilidad de n clientes en cola.
- Probabilidad de denegación de servicio.

En cuanto al modelo de inventario:
• Costo de orden
• Coste de mantenimiento
• Costo de faltante
• Costo total (suma de los tres anteriores)

3. Teoria de colas

3.1. Carasteristicas

La teoría de colas es el estudio matemático de las colas o líneas de espera dentro de un sistema, se pueden describir las siguientes caracteristicas , las cuales forman parte de la misma como conjunto:

3.1.1. Poblacion de cliente

La poblacion de clientes puede ser infinita o finita.El analisis para una poblacion finita es mas complicado que el analisis en donde la base de población se considera infinita

3.1.2. El proceso de llegada

El proceso de llegada es la forma en que los clientes llegan a solicitar un servicio. La característica más importante del proceso de llegada es el tiempo entre llegadas, que es la cantidad de tiempo entre dos llegadas sucesivas.
Proceso de colas Parte del proceso de colas tienen que ver con la forma en que los clientes esperan para ser atendidos. Los clientes puede esperar en una sola fila o en un sistema de colas de lineas multiples. Otra caracteristica es el número de espacios de espera en cada fila.

3.1.3. Disciplina de colas

Las disiplina de colas son : FIFO (First-In-First-Out), LIFO (Last-In-First-Out), SIRO (Service-In-Random-Order), PS(Processsor haring), PR (Priority).

3.1.4. Proceso de servicios

El proceso de servicios define como son atendidos los clientes. En algunos casos, puede existir mas de una estacion en el sistema en la cual se proporcione el servicio requerido. A tales estructuras se les conoce como sistema de colas de canal multiple. En estos sistemas los servicios pueden ser identicos o pueden ser no identicos.
Otras caracteristicas del proceso de servicios es el número de clientes atendidos al mismo tiempo es una estación. y si más de un proceso de servicio es si se permite o no la prioridad.
Cualquiera que sea el proceso de servicio, es necesario tener una idea de cuánto tiempo se requiere para llevar a cabo el servicio. Esta cantidad es importante debido a que cuanto mas dure el servicio, mas tendrán que esperar los clientes que llegan.
Este proceso puede ser deterministico o probabilistico. Con un tiempo de servicio probabilístico, cada cliente requiere una cantidad distinta e incierta de tiempo de servicio.
Los tiempos de servicio probabilisticos se describen matematicamente mediante una distribución exponencial.

3.2. Descripcion de un sistema de colas

Un sistema de colas se puede describir como sigue. Un conjunto de “clientes” llega a un sistema buscando un servicio, esperan si este no es inmediato, y abandonan el sistema una vez han sido atendidos. En algunos casos se puede admitir que los clientes abandonan el sistema si se cansan de esperar. El término “cliente” se usa con un sentido general y no

implica que sea un ser humano, puede significar piezas esperando su turno para ser procesadas o una lista de trabajo esperando para imprimir en una impresora en red.
Debe quedar claro que una representación detallada exige definir un número elevado de parámetros y funciones. La teoría de colas fue originariamente un trabajo práctico. La primera aplicación de la que se tiene noticia es del matemático danés Erlang sobre conversaciones telefónicas en 1909, para el cálculo de tamaño de centralitas. Después se convirtió en un concepto teórico que consiguió un gran desarrollo, y desde hace unos años se vuelve a hablar de un concepto aplicado aunque exige un importante trabajo de análisis para convertir las fórmulas en realidades, o viceversa

3.3. Numero de canales de servicio

En esta fase es importante conocer o identificar cuántos servidores están disponibles para atender los clientes que llegan al sistema. De esta manera se pueden presentar diferentes estructuras de sistemas de colas. Se habla generalmente de una cola que alimenta a varios servidores mientras que el caso de colas independientes se asemeja a múltiples sistemas con sólo un servidor.
Es evidente que es preferible utilizar sistemas multiservidos con una única línea de espera para todos que con una cola por servidor. Por tanto, cuando se habla de canales de servicio paralelos, se habla generalmente de una cola que alimenta a varios servidores mientras que el caso de colas independientes se asemeja a múltiples sistemas con sólo un servidor.

4. Modelo de un solo canal (M / M / 1)

A continuación se presenta el enfoque de análisis que se debe dar al sistema de línea de espera típico con llegadas de tipo Poisson, tiempos de servicio de tipo Exponencial con un sólo servidor.Se supone que en este sistema, la entidad está dispuesta a esperar el tiempo que sea para ser atendido, es decir no hay rechazo.
Donde:

- λ:Número promedio de llegadas al sistema - unidad de tiempo (velocidad de llegadas)
- μ:Número promedio de entidades que se atienden en el sistema - unidad de tiempo. (velocidad de atención del servidor)

Y las ecuaciones seran de la siguiente manera:

- L_s:Número promedio de unidades en el sistema
$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$
- W_s: Tiempo promedio en que una unidad está dentro del sistema
$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$$
- L_q: Número promedio de unidades en fila de espera
$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$
- W_q:Tiempo promedio en que una unidad pasa por la fila de espera
$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$
- ρ: Factor de uso del sistema o del servidor
$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$
- P_o:Probabilidad de que ninguna unidad se encuentre en el sistema
$$P_o = 1 - \rho$$
$$P_o = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$
- P_n Probabilidad de que el sistema tenga exactamente “n” unidades
$$P_n = (1 - \frac{\lambda}{\mu})(\frac{\lambda}{\mu})^n$$

5. Desarrollo

Para realizar este experimento, como mencionamos al principio de este trabajo, vamos a simular una cola MM1. Calcularemos los valores teóricos esperados y los compararemos con los valores observados de la simulación en Python y en Anylogic. Para ello tenemos 5 casos de estudio con diferentes tasas de arribo respecto de la tasa de servicio.
★Caso de estudio 1: cuando la tasa de arribo es un 25 % de la tasa de servicio.
★Caso de estudio 2: cuando la tasa de arribo es un 50 % de la tasa de servicio.
★Caso de estudio 3: cuando la tasa de arribo es un 75 % de la tasa de servicio.
★Caso de estudio 4: cuando la tasa de arribo es un 100 % de la tasa de servicio.
★Caso de estudio 5: cuando la tasa de arribo es un 125 % de la tasa de servicio

5.1. Componententes de una simulación

En esta sección se detallaran los componentes que se encuentran en un nuestra simulación de eventos discretos sin explicitar en explicaciones de código o algoritmos. Siguiendo los lineamientos del libro SIMULATION MODELING ANALYSIS By Kelton and Law estos son los diferentes componentes que programamos para llevar a cabo la simulación en Python.

• Estado del sistema: Es la colección de las variables de estado necesarias para describir el sistema en un tiempo especifico.
• Reloj de simulación: variable que nos proporciona el tiempo actual de la simulación
• Contadores estáticos: variables usadas para almacenar información estática sobre el rendimiento del sistema.
• Rutina de inicialización: función cuyo objetivo es inicializar el modelo de simulación en el tiempo cero.
• Rutina de tiempo: función que determina cual es el siguiente evento de la lista de eventos y avanza el reloj altiempo en el cual ocurre el evento.
• Rutina de evento: función que actualiza el estado del sistema cuando un evento particular ocurre. Se utiliza una rutina de evento diferente para cada tipo de evento.
• Rutina de librerías: un conjunto de funciones utilizadas para generar valores aleatorios de distintas distribuciones de probabilidad.
• Generador de reportes: función que computa estimadores de las medidas de desempeño esperadas y produce un reporte cuando finaliza una simulación.
• Programa principal: subprograma que invoca las rutinas mencionadas anteriormente.

5.2. Caso de estudio n°1

Los supuestos que tomaremos en este caso son los siguientes:

- μ =1
- λ =0.25
- Disciplina de cola FIFO

Los valores esperados de las medidas de rendimiento son:
• Utilización del servidor $\rho = \frac{0{,}25}{1} = 0{,}25$
• Promedio de clientes en cola $L_q = \frac{0{,}25^2}{1(1-0{,}25)} = 0{,}0833$
• Tiempo promedio en cola $W_q = \frac{0{,}25}{1(1-0{,}25)} = 0.\hat{3}$

5.2.1. Python

Realizamos 10 corridas

	SIM 1	SIM 2	SIM 3	SIM 4	SIM 5	SIM 6	SIM 7	SIM 8	SIM 9	SIM 10	Promedio	Dif. Valor abs.
Utilización del servidor (p)	0.260	0.242	0.253	0.239	0.237	0.256	0.251	0.257	0.240	0.239	0.247	0.003
Promedio de clientes en cola (Lq)	0.091	0.061	0.069	0.064	0.081	0.092	0.088	0.093	0.079	0.080	0.080	0.004
Tiempo promedio en cola (Wq)	0.351	0.319	0.339	0.314	0.311	0.344	0.335	0.346	0.316	0.314	0.329	0.004

5.3. Caso de estudio n°2

Los supuestos que tomaremos en este caso son los siguientes:

- μ =1
- λ =0.5
- Disciplina de cola FIFO

Los valores esperados de las medidas de rendimiento son:
• Utilización del servidor $\rho = \frac{0{,}5}{1} = 0{,}5$
• Promedio de clientes en cola $L_q = \frac{0{,}5^2}{1(1-0{,}5)} = 0{,}5$
• Tiempo promedio en cola $W_q = \frac{,5}{1(1-0{,}5)} = 1$

5.3.1. Python

Se realizaron 10 corridas

	SIM 1	SIM 2	SIM 3	SIM 4	SIM 5	SIM 6	SIM 7	SIM 8	SIM 9	SIM 10	Promedio	Dif. Valor abs.
Utilización del servidor (p)	0.504	0.488	0.498	0.507	0.540	0.511	0.505	0.481	0.484	0.519	0.504	0.004
Promedio de clientes en cola (Lq)	0.536	0.465	0.649	0.501	0.572	0.585	0.467	0.515	0.468	0.473	0.523	0.023
Tiempo promedio en cola (Wq)	1.016	0.953	0.992	1.028	1.174	1.045	1.020	0.927	0.938	1.079	1.017	0.017

5.4. Caso de estudio n°3

Los supuestos que tomaremos en este caso son los siguientes:

- μ =1
- λ =0.75
- Disciplina de cola FIFO

Los valores esperados de las medidas de rendimiento son:
• Utilización del servidor $\rho = \frac{0{,}75}{1} = 0{,}75$

• Promedio de clientes en cola $L_q = \frac{0{,}75^2}{1(1-0{,}75)} = 2{,}25$
• Tiempo promedio en cola $W_q = \frac{0{,}75}{1(1-0{,}75)} = 3$

5.4.1. Python

Realizamos 10 corridas

	SIM 1	SIM 2	SIM 3	SIM 4	SIM 5	SIM 6	SIM 7	SIM 8	SIM 9	SIM 10	Promedio	Dif. Valor abs.
Utilización del servidor (p)	0.705	0.835	0.737	0.720	0.771	0.717	0.790	0.797	0.744	0.780	0.760	0.010
Promedio de clientes en cola (Lq)	1.909	2.668	2.059	1.974	3.217	1.441	2.357	3.202	1.575	2.501	2.290	0.040
Tiempo promedio en cola (Wq)	2.390	5.061	2.802	2.571	3.367	2.534	3.762	3.926	2.906	3.545	3.286	0.286

5.5. Caso de estudio n°4 y n°5

Los supuestos que tomaremos en este caso son los siguientes:

- μ =1
- λ =1
- Disciplina de cola FIFO

Los valores esperados de las medidas de rendimiento son:
• Utilización del servidor $\rho = \frac{1}{1} = \infty$
• Promedio de clientes en cola $L_q = \frac{1^2}{1(1-1)} = \infty$
• Tiempo promedio en cola $W_q = \frac{1}{1(1-1)} = \infty$

Para estos dos casos de estudio podemos llegar a la mismas observaciones en Python. Al comenzar la simulación se empieza a formar una extensa cola que continua incrementándose a medida que pasa el tiempo. Esto se debe a que el servidor puede atender a los clientes a un ritmo mucho menor de lo que un cliente llega al sistema. La única diferencia entre el caso 4 y 5 es que en el caso numero 5, al ser mayor la tasa de arribo, el fenómeno se ve intensificado y notamos que el sistema se satura de forma mas rápida, pero el resultado terminara siendo el mismo.

6. Modelo de inventario

Un modelo es una simplificación que imita los fenómenos del mundo real, de modo que se puedan comprender las situaciones complejas y podamos hacer predicciones. En cuanto al inventario es un puente de unión entre la producción y las ventas. Un problema de inventario existe cuando es necesario guardar bienes físicos o mercancías con el propósito de satisfacer la demanda sobre un horizonte de tiempo especificado (finito o infinito). Casi cada empresa debe almacenar bienes para asegurar un trabajo uniforme y eficiente en sus operaciones. Las decisiones considerando cuándo hacer pedidos y en qué cantidad, son típicas de cada problema de inventario. La demanda requerida puede satisfacerse almacenando una vez según todo el horizonte de tiempo o almacenando separadamente cada unidad de tiempo durante el horizonte. Los dos casos que pueden considerarse son sobre-almacenamiento (con respecto a una unidad de tiempo) o sub-almacenamiento (con respecto al horizonte completo).

6.1. Caracteristica de un sistema de inventario

La mayoría de los Sistemas de Inventarios son modelados estocásticamente. Los modelos de simulación estocásticos producen una salida que es aleatoria, y por lo tanto, debe ser tratado solo como una estimación de las verdaderas características del modelo. Esta es una de las mayores desventajas de esta simulación.

6.2. Caso de estudio

Para el caso de estudio consideremos una compañía que vende un único producto y le gustaría saber cuánto stock solicitar para cada "n"meses próximos. Los tiempos interdemanda son variables exponenciales aleatorias con un promedio de 0.1 meses. Los tamaños de las demandas, D, son independientes de cuando ocurre la demanda, con

$$D = \begin{cases} 1wp.\frac{1}{6} \\ 2wp,13 \\ 3wp,13 \\ 4wp,16 \end{cases} \tag{1}$$

Donde w.p implica çon probabilidad". Al comienzo de cada mes, se hace una revisión del inventario y se deciden cuanto se comprará. La formula utilizada para determinar el costo es $K + iZ$
Siendo 'K' el costo base, 'i' el costo incremental y 'Z' la cantidad de inventario a solicitar.
Para este ejemplo consideramos K =32,i=3, y el tiempo de que tarda la entrega es una variable aleatoria distribuida uniformemente entre 0.5 y 1 mes.
En este experimento, consideramos que la compañía utiliza una política estacionaria (s,S) para elegir cuanto va va a solicitar al proveedor.
A modo de comparación entre los resultados, vamos a comparar las siguientes políticas de inventario:

Supuestos:

- Nivel de inventario = 60
- Tamaño de demanda = 4
- Tasa entre demanda = 0.1 mes
- Retraso de entrega = 0.5 a 1 mes
- Tamaño de simulación = 120 meses
- K = 32
- i = 3.0
- h = 1.0
- pi = 5.0
- Nro. políticas = 6

Politica	Promedio costo total	Promedio costo de orden	Promedios costo mantenimeinto	Promedio costo faltante
(10 , 20)	165.4	104.47	1.4	59.54
(20, 30)	136.28	103.94	4.78	27.56
(30, 40)	182.27	107.18	10.65	10.44
(40, 50)	126.22	103.86	19.42	2.94
(50, 60)	132.95	103.16	29.6	0.2
(60, 70)	143.68	104.98	38.66	0.04

6.3. Anylogic

Tras correr la simulación para el caso de estudio en cuestión, obtuvimos los siguientes valores:

Politica	Promedio costo total	Promedio costo de orden	Promedios costo mantenimeinto	Promedio costo faltante
(10 , 20)	163	101.3	1.66	60.31
(20, 30)	133.54	101.28	4.75	27.52
(30, 40)	125.3	104.24	10.28	10.78
(40, 50)	126.12	104.49	18.41	3.21
(50, 60)	129.02	98.28	29.95	0.8
(60, 70)	138.5	98.53	39.61	0.37

6.4. Gráficos para los respectivos valores de Políticas (s,S)

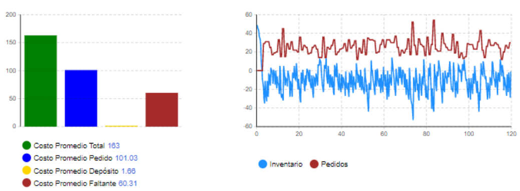


Figura 1: Política (s,S) = (10, 20)

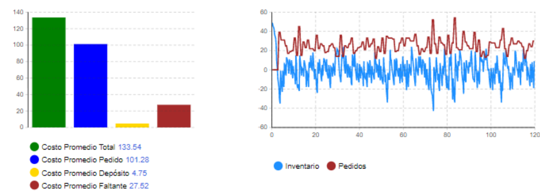


Figura 2: Política (s,S) = (20, 30)

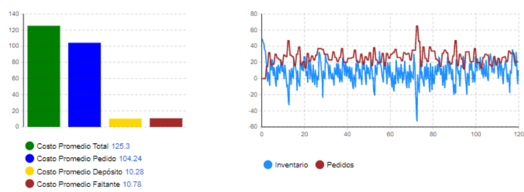


Figura 3: Política (s,S) = (30, 40)

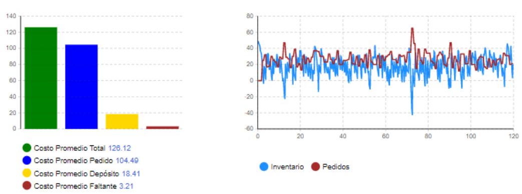


Figura 4: Política (s,S) = (40, 50)

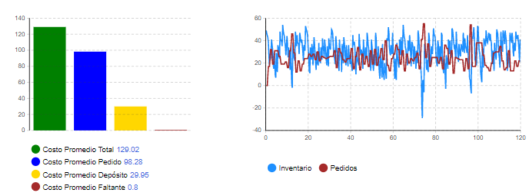


Figura 5: Política (s,S) = (50, 60)

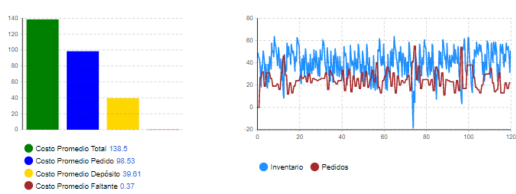


Figura 6: Política (s,S) = (60, 70)

Basándonos en los resultados comparativos de las diferentes políticas de inventario, podemos extraer algunas conclusiones iniciales:

Promedio de costo total: La política (30, 40) parece tener el menor costo total promedio, lo que sugiere que es la opción más rentable en términos generales entre las políticas analizadas.

Costo de orden promedio: Todas las políticas tienen costos de orden similares, lo que indica que el impacto de la variación de las cantidades ordenadas no es tan significativo en el costo total en comparación con otros componentes.

Costo promedio de mantenimiento: Aquí vemos que a medida que aumenta el nivel de inventario objetivo, el costo de mantenimiento tiende a aumentar. Sin embargo, la política (30, 40) tiene un costo de mantenimiento relativamente bajo en comparación con otras políticas, lo que contribuye en parte a su menor costo total.

Costo promedio de faltante: Se observa que a medida que aumenta el nivel de inventario objetivo, el costo de faltante tiende a disminuir. La política (60, 70) muestra el menor costo promedio de faltante, lo que sugiere que mantener un nivel de inventario más alto ayuda a reducir las pérdidas debido a la falta de inventario.

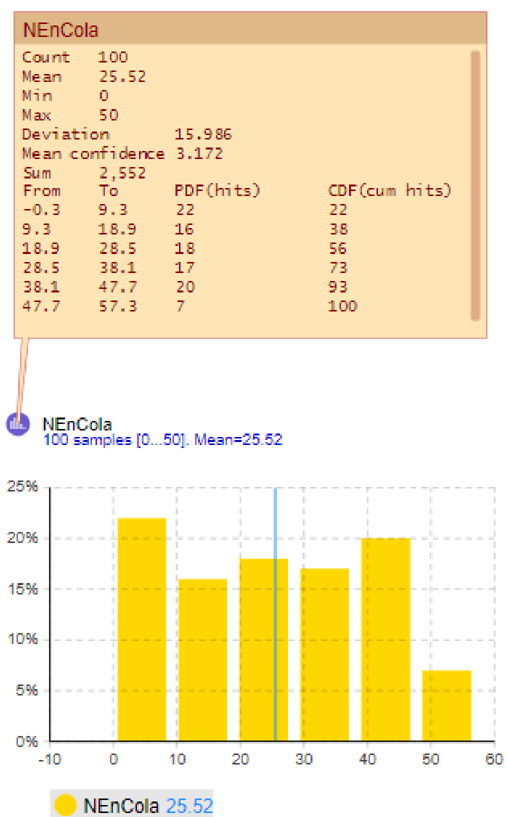
En general, la política (30, 40) parece ser la más equilibrada en términos de costos totales y componentes de costo específicos.

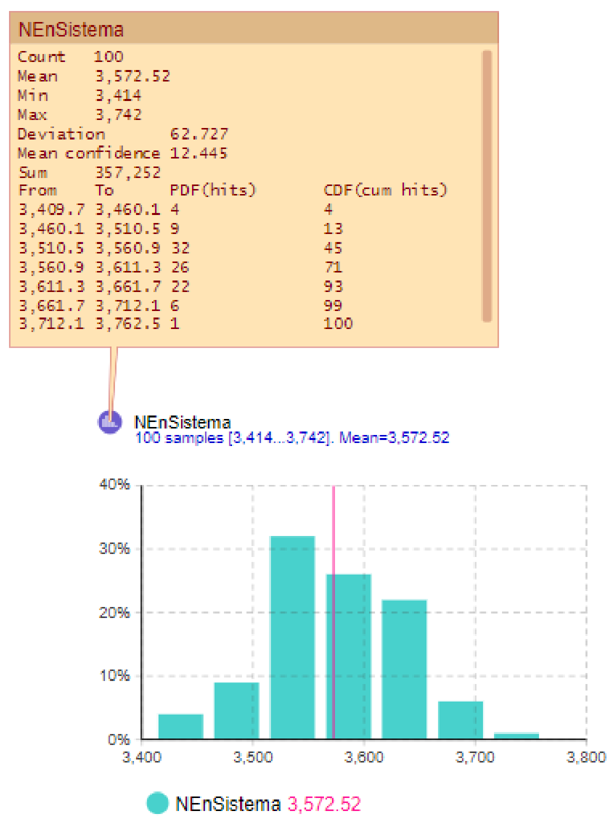
7. Analisis de Sensibilidad

7.1. Análisis de sensibilidad de un sistema de colas M/M/1

Se realizará el análisis a las variables "NEnCola", que representa la cantidad de clientes en cola, y "NEnSistema" que representa el número de clientes en el sistema. Para realizar el análisis utilizaremos, en primer lugar, histogramas, los cuales los obtenemos de la salida de nuestra simulación en anylogic.

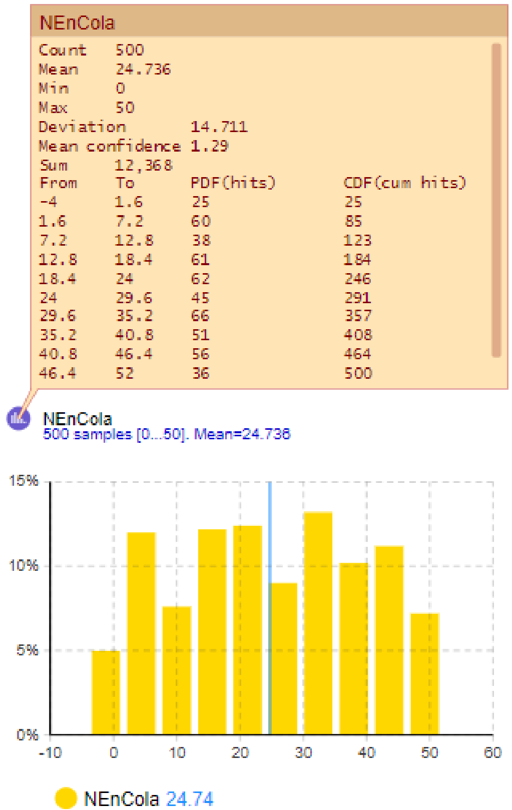
En primera instancia realizamos 100 corridas del experimento, obteniendo por resultado los siguientes datos:

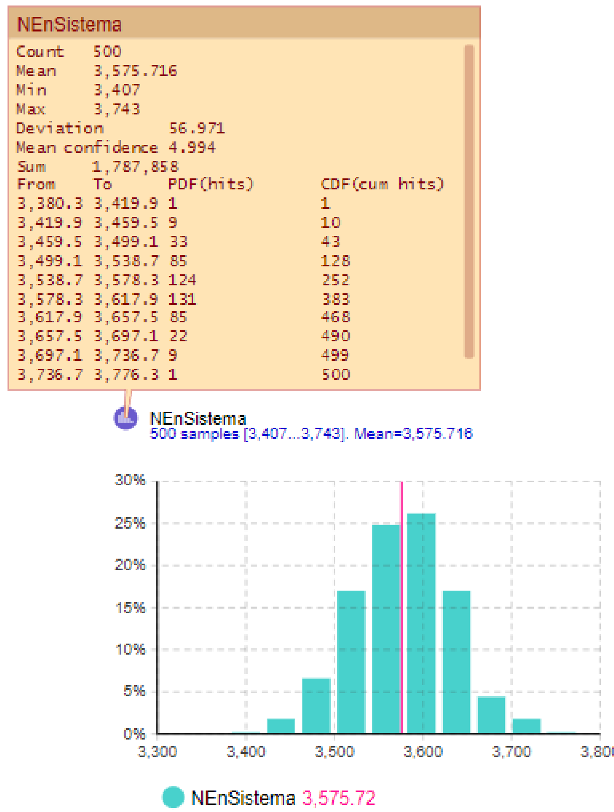




	NEnCola	NEnSistema
Media ($\bar{x}$)	25,52	3572,52
Desvío (s)	15,986	62,727
Valor mínimo	0	3414
Valor máximo	50	3742
Cantidad de corridas (n)	100	100

Como se puede observar en el histograma de “NEnCola” los datos se encuentran dispersos de forma pareja por lo que no podemos concluir que su distribución tiende a ser normal, como si podríamos con el histograma de NEnSistema. Por esto procederemos a realizar el experimento nuevamente. Cabe destacar que a la variable de “NEnSistema” ya la podríamos analizar porque su distribución ya tiende a la que estamos buscando, pero como a “NEnCola” no haremos todo de vuelta con más muestras para así analizarlas con la misma corrida a ambas. Ahora realizamos 500 corridas del experimento para de esta manera observar si logramos que la distribución tienda a una normal, al realizarlo nos arroja lo siguiente:





	NEnCola	NEnSistema
Media ($\bar{x}$)	24,736	3575,716
Desvío (s)	14,711	56,971
Valor mínimo	0	3407
Valor máximo	50	3743
Cantidad de corridas (n)	500	500

En este experimento vemos que si bien la distribución de la variable "NEnCola" aún no está lo suficientemente parecida a una normal, podemos decir que sí tiende a ésta, por lo tanto procederemos a realizar el intervalo de confianza de las dos variables ("NEnCola" y "NEnSistema"). Para calcular el intervalo de confianza utilizaremos la siguiente fórmula: $\left(\bar{x} - Z_{\frac{\alpha}{2}} * \frac{s}{\sqrt{n}}; \bar{x} + Z_{\frac{\alpha}{2}} * \frac{s}{\sqrt{n}}\right)$

Utilizaremos una confianza del 95 %, entonces 1 -α = 0,05 $\Rightarrow$ α = 0,95. Por lo tanto utilizamos para calcular el intervalo de confianza $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ = 1,96.

Calculamos el intervalo de confianza:

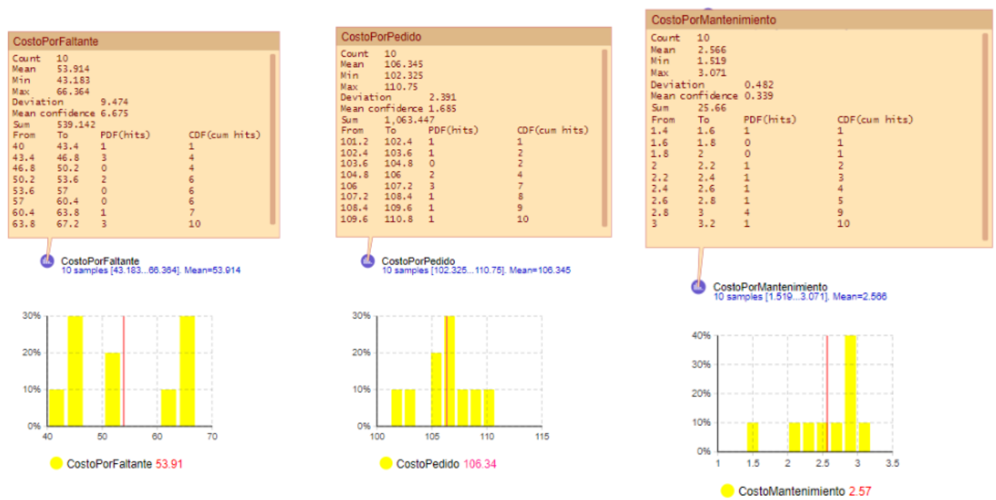
	NEnCola	NEnSistema
Intervalo de confianza	(23,447 ; 26,025)	(3570,722 ; 3580,71)

Con estos datos, podemos afirmar con una confianza del 95 % que la media de “NEnCola” (cantidad en cola), variará en el intervalo (23,447 ; 26,025) y la media de “NEnSistema” (cantidad en el sistema) en el intervalo (3570,722 ; 3580,71).

7.2. Analisis de sensibilidad de Sist de Inventario

Se realizará el análisis a las variables “CostoPorFaltante”, ÇostoPorPedido", y “CostoManteniemiento” . Para realizar el análisis utilizaremos, en primer lugar, histogramas, los cuales los obtenemos de la salida de nuestra simulación en anylogic.

En primera instancia realizamos 10 corridas del experimento, obteniendo por resultado los siguientes datos:



	CostoPorFaltante	CostoPorPedido	CostoPorMantenimiento
Media ($\bar{x}$)	53.914	106.345	2.566
Desvio (s)	9.474	2.391	0.482
Valor mínimo	43.183	102.325	1.519
Valor máximo	66.364	110.75	3.071
Cantidad de corridas (n)	10	10	10

En este experimento, por la gráfica podemos concluir que la variable ÇostoPorFaltante"no tiene distribución normal, por lo tanto procederemos a realizar el intervalo de confianza de las otras dos variables (“CostoPorPedido” y “CostoPor-Mantenimiento”). Para calcular el intervalo de confianza utilizaremos la siguiente fórmula:

$\left(\bar{x} - Z_{\frac{\alpha}{2}} * \frac{s}{\sqrt{n}} ; \bar{x} + Z_{\frac{\alpha}{2}} * \frac{s}{\sqrt{n}}\right)$

Utilizaremos una confianza del 95 %, entonces 1 -α = 0,05 $\Rightarrow$ α = 0,95. Por lo tanto utilizamos para calcular el intervalo de confianza $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ = 1,96.

Puesto que la distribución tiende a ser una normal, podemos afirmar, con una confianza del 95 % que la media poblacional de los costos por pedido se encuentra en el intervalo (104,86; 107,83) y la media poblacional del Costo por Mantenimiento estará en el intervalo: (2,27; 2,86)

8. Conclusión

Basándonos en el modelo de inventario, podemos afirmar que es posible predecir la tendencia de los costos asociados a la orden, el mantenimiento y las faltas de existencias sin necesidad de realizar una simulación. Sin embargo, no podemos hacer lo mismo con respecto al costo total, ya que este último se compone de tres elementos que varían de manera diferente en respuesta a cambios en 's' y 'S'. Por lo tanto, no podemos predecir la dirección del costo total sin llevar a cabo una simulación.

Lo que logramos mediante las simulaciones y las comparaciones realizadas es demostrar que el modelo analítico, basado en los valores teóricos esperados, concuerda con los valores obtenidos en las diferentes simulaciones.

El propósito de este enfoque es similar al trabajo realizado con distribuciones de probabilidad, que consiste en establecer una base sólida para realizar experimentos posteriores. Las conclusiones obtenidas en dicho trabajo nos permitieron llevar a cabo el presente estudio y, a su vez, las conclusiones de este nos brindarán mayores posibilidades al realizar simulaciones más complejas.

En resumen, tras obtener los resultados de las simulaciones, podemos afirmar que existe una similitud entre el modelo analítico y el modelo simulado, lo que nos lleva a concluir que nuestras simulaciones tienden a reflejar la realidad.

9. Anexo

9.1. Código Python

`https://github.com/jfpetrelli/Simulacion-2023/tree/master/TP-3.0/Python`

9.2. Código Anilogyc

`https://github.com/jfpetrelli/Simulacion-2023/tree/master/TP-3.0/Anylogic`

Bibliografía

[1] Latex - Documentacion
`https://es.overleaf.com/learn`

[2] MM1
`https://en.wikipedia.org/wiki/M/M/1queue`

[3] Teoría de Colas
`http://iocontadoresuaeh.blogspot.com/2014/06/estructura-de-la-teoria-de-colas-o.html`

[4] Simulation modeling Averill M. Law, W David Kelton. Capítulo 1. Simulation modeling analysis, pags. 0-72.