**Introducción:**

Antes de empezar con la explicación de la simulación, hablaremos de una notación clave dentro de la Teoría de Colas: M/M/1.

### El MM1, es una notación que fue sugerida por Kendall Lee para clasificar la amplia diversidad de los diferentes modelos de línea de espera que se han desarrollado. La notación de Kendall, de tres símbolos es como sigue: A/B/K - Donde: A: indica la distribución de probabilidades de las llegadas, B: Indica la distribución de probabilidades de tiempos de servicio y K: Indica el número de servidores. En este caso, la primera M designa una distribución de probabilidad de Poisson para las llegadas, la segunda M designa un tiempo de servicio exponencial y el 1 designa que estaremos usando un solo servidor.

### En el desarrollo de este trabajo, se utilizara un M/M/5, el cual contara con 2 servidores cada uno con su respectiva cola y una 3er cola, que será única para los 3 servidores restantes. Serán calculados los parámetros estadísticos correspondientes para cada una de las simulaciones hechas, acompañadas de sus respectivas gráficas. El software de programación utilizado para la realización de la simulación es Python.

### Desarrollo

### Para entender bien como es el M/M/5 que se desarrollara en este trabajo, tenemos una ilustración del mismo:

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\TP Simulación.jpg

### Como se puede observar, tenemos las dos primeras colas, una para el servidor 1 y otra para el servidor 2, donde el tiempo entre arribos de ambas es de 10ut y el tiempo de servicio del es de 7ut y de 5ut respectivamente. Una vez que las personas salgan de cualquiera de las 2 primeras colas, ingresaran a la 3era cola, la cual es única para los 3 servidores restantes, cuyos tiempo entre servicio son de 6ut, 5ut y 5ut.

### Se implementaran diferentes tipos de formas en cómo se atenderán a los clientes en las colas, siendo estas:

### FIFO (primero en llegar, primero en salir) siendo esta la cola utilizada en la mayoría de los lugares con servidores

### LIFO (ultimo en entrar, primero en salir) siendo este tipo utilizada para calcular y comparar estadísticos

### PRIORIDADES: esta forma se implementa dentro de una cola FIFO, pero cuando una persona tiene prioridad para ser atendida (gente mayor de edad o con dificultades físicas, embarazadas) pasara directamente al principio de la cola

### Estas formas de cómo se atenderán a las personas, solo se utiliza en la cola única, dejando a las 2 primeras colas con el mismo criterio. Esto servirá para analizar y observar cómo se producen cambios en la cola que más congestionamiento tendría.

### Además de las diferentes tipos de cola, se implementara una mejora en la segunda línea de servidores para poder agilizar tiempos y demás.

### Los estadísticos calculados para toda la simulación son:

### Cantidad promedio de clientes en cola

### Utilización promedio de los servidores (medido en %)

### Cantidad promedio de demora en los servidores

### Cabe aclarar que el tiempo de simulación para todo, será de 2000 ut.

### *FIFO*

### Después de realizar la simulación obtuvimos los siguientes estadísticos:

### Cantidad promedio de clientes en cola:

### Cola servidor 1: 2.08 Cola servidor 2: 0.75 Cola única: 0.31

### Utilización promedio de los servidores:

### Servidor 1: 68.62% Servidor 2: 49.01% Servidor 3: 54.57% Servidor 4: 31.00% Servidor 5: 12.91%

### Promedio del total de demora en los servidores:

### En el sistema: 4.37

### Y las siguientes graficas:

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\FIFO\PCC FIFO.png

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\FIFO\US FIFO.png

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\FIFO\PDT FIFO.png

### Conclusión de Cola FIFO:

### Como conclusión, podemos observar que la cantidad promedio de cliente en la primera cola, supera ampliamente a las demás, ya que la misma es la cual tiene el tiempo de servicio más lento. Las utilizaciones en los servidores 1, 2 y 3 fueron las que superaron el 50% (el servidor 2 quedo en 49, pero lo tomamos igual) mientras que las 4 y 5 fueron las menos utilizadas. En los dos primeros servidores es normal una gran utilización del servidor, la gran utilización del 3er servidor, está dada por el hecho de que la gente accede a este antes que a los otros 2. Y por último tenemos una demora de 4.37ut en el sistema, siendo un valor normal para un sistema compuesto por 3 colas únicamente.

***LIFO***

Recordando que LIFO es último en entrar, primero en salir, tendremos cambios variados en el sistema. Además, de que la única cola afectada por esta forma es la cola única.

### Después de realizar la simulación obtuvimos los siguientes estadísticos:

### Cantidad promedio de clientes en cola:

### Cola servidor 1: 2.4 Cola servidor 2: 0.72 Cola única: 0.3

### Utilización promedio de los servidores:

### Servidor 1: 69.25% Servidor 2: 48.29% Servidor 3: 56.85% Servidor 4: 36.92% Servidor 5: 17.00%

### Promedio del total de demora en los servidores:

### En el sistema: 4.45

### Y las siguientes gráficas:

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\LIFO\PCC LIFO.png

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\LIFO\US LIFO.png

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\LIFO\DPT LIFO.png

**Conclusión de Cola LIFO:**

Como conclusión de la cola LIFO, podemos observar que los valores de las cantidades promedio de clientes en cola y utilización promedio de los servidores no varía en un rango muy amplio con respecto a la cola FIFO, de hecho, son valores muy cercanos.  
Que el ultimo en entrar sea el primero en salir, no afecta en demasiado ya que es en la cola única, y como tiene que haber una partida de las dos primeras colas para que recién haya personas en la cola única, sumado que hay 3 servidores que funcionan a la vez, las veces que la cola única quede con mucha gente será muy poca, lo que no produce grandes cambios en el sistema.

***PRIORIDADES***

Recordemos que este tipo de cola, da prioridades a gente que la necesite, permitiéndole adelantarse al primer lugar de la fila.  
Decidimos incorporar este método a la cola única, ya que si en esta hay un acoplamiento de personas, será la cola más larga de todas, mientras que en los dos primeros se puede esperar mucho menos y pasar sin necesidad de tener prioridad.

### Después de realizar la simulación obtuvimos los siguientes estadísticos:

### Cantidad promedio de clientes en cola:

### Cola servidor 1: 2.52 Cola servidor 2: 0.55 Cola única: 0.35

### Utilización promedio de los servidores:

### Servidor 1: 75.65% Servidor 2: 48.77% Servidor 3: 54.01% Servidor 4: 27.45% Servidor 5: 13.65%

### Promedio del total de demora en los servidores:

### En el sistema: 4.69

### Cantidad de personas con prioridad: 3

### Y las siguientes graficas:

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\PRIORIDAD\PCC PRIORIDAD.png

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\PRIORIDAD\US PRIORIDAD.png

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\PRIORIDAD\PDT PRIORIDAD.png

### Conclusión de Cola PRIORIDADES:

### La cantidad de personas con prioridades que tocaron en la simulación fue de 3. Esto no afecto demasiado al sistema, pero si obtuvimos una utilización muy grande en el servidor 1, acompañado de gran cantidad de personas en su cola. Mientras que la cola única, tuvo un promedio que está entre los promedios de las prioridades FIFO y LIFO.

### *Mejora en Cola Única*

### La mejora que nosotros decimos implementar para nuestro M/M/5, fue la implementación de 3 colas más, en vez de una cola única.

### Nuestro modelo, para las prioridades vistas anteriormente, fue el siguiente

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\MEJORA\sin_mejora.jpg

### Aplicando nuestra mejora, quedo de la siguiente manera:

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\MEJORA\con_mejora.jpg

### El tener cada uno su propia cola, produciría ligeras mejoras, pero, a cantidad abundantes de gente, mejoraría el sistema. Además, el tener 3 colas en vez de 1, evitaría un embotellamiento de personas.

### Después de realizar la simulación obtuvimos los siguientes estadísticos:

### Cantidad promedio de clientes en cola:

### Cola servidor 1: 2.15 Cola servidor 2: 0.63 Cola servidor 3: 0.03 Cola servidor 4: 0.02 Cola servidor 5: 0.01

### Utilización promedio de los servidores:

### Servidor 1: 65.35% Servidor 2: 55.78% Servidor 3: 50.67% Servidor 4: 30.83% Servidor 5: 13.87%

### Promedio del total de demora en los servidores:

### En el sistema: 4.03

### Y las siguientes graficas:

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\MEJORA\PCC MEJORA.png

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\MEJORA\US MEJORA.png

### C:\Users\Joaco\Desktop\UTN\4to\Simulacion\TP Colas Complejas\SIMULACION\MEJORA\PDT MEJORA.png

### Conclusión de la Mejora:

### Como conclusión, podemos observar que el cambio más grande es en la cantidad promedio de clientes en cola, ya que al existir más colas, su promedio es menor que si tuviésemos una cola única. Esto provoca una mejora abundante en el sistema, ya que los clientes no tendrán la “sensación” de que les falte mucho cuando hay 3 colas para utilizar.

***CONCLUSION FINAL***

Como conclusión final del M/M/5, podemos decir que todas las simulaciones hechas dieron buenos resultados. Cada una tuvo sus diferencias con respecto a las demás, pero aun así las implementaciones utilizadas pudieron dar buenos estadísticos. Con respecto a los tipos de prioridades, podemos decir que la cola FIFO (la más utilizada en todos los lugares) dio parámetros que fueron comparados con valores reales y las aproximaciones fueron bastantes cercanas, mientras que la cola “Mejora” fue el cambio que necesitaba el sistema para poder alcanzar un nivel de simulación que diese valores que podrían ser utilizados para la vida real, en un sistema de tenga servidores.