Trabajo Práctico N°4
Modelos de Colas

1. Ejercicio 1
   Usando el programa `mm1.c` o el script de *Octave* mm1.m, responder a los siguientes requerimientos:

   (a) Para un modelo de cola *M/M/1*, mediante simulaciones y con un error menor al 5%, obtener estimaciones del promedio temporal de clientes en el sistema $L = \frac{1}{T}\int_0^T L(t)dt$ en función de la *intensidad de tráfico* $\rho = \lambda/\mu$, donde $L(T)$ es la cantidad de clientes en el sistema en el instante t, para un tiempo de operación de la cola T. Comparar con el valor teórico.

   (b) Modificar el programa para que compute, tambien el *Tiempo Medio en el Sistema por cliente* W. Para un error menor al 5%, obtener W como función de ρ. Comparar con el valor teórico.

   (c) Modificar el programa para que simule el siguiente sistema:
   Llegan clientes a un servicio S_1 con intervalo entre arribos exponencialmente distribuidos con tiempo medio λ. S_1 atiende con tiempos exponencialmente distribuidos con tiempo medio μ_1. Si S_1 está ocupado, el cliente entra en una cola FIFO con capacidad infinita. Una vez atendido el cliente por S_1, debe ser servido por un servidor S_2 con tiempo de atención exponencial de valor medio μ_2.
   Llamar a este nuevo programa `Qserial.c` si es en C o `Qserial.m` si es en *Octave*. Estimar con un error menor a 5% el la cantidad media de clientes en el sistema en función de $\lambda/(\mu_1 + \mu_2)$.

2. Ejercicio 2
   Usando el programa `mm1.c` o el script de *Octave* mm1.m, responder a los siguientes requerimientos:

   (a) Para un modelo de cola *M/M/1*, mediante simulaciones y con un error menor al 5%, obtener estimaciones del promedio temporal de clientes en cola $L_q = \frac{1}{T}\int_0^T q(t)dt$ en función de la *intensidad de tráfico* $\rho = \lambda/\mu$, donde $q(T)$ es la cantidad de clientes en cola en el instante t, para un tiempo de operación de la cola T. Comparar con el valor teórico.

   (b) Modificar el programa para que compute, tambien el *Tiempo Medio de Espera en Cola por cliente* W_q. Para un error menor al 5%, obtener W_q como función de ρ. Comparar con el valor teórico.

   (c) Modificar el programa para que simule el siguiente sistema:
   Llegan clientes a dos servicios S_1 y S_2 con intervalo entre arribos exponencialmente distribuidos con tiempo medio λ. S_1 y S_1 atienden con tiempos exponencialmente distribuidos con tiempo medio μ_1 y μ_2, respectivamente.
   Llamar a este nuevo programa `Qparal.c` si es en C o `Qparal.m` si es en *Octave*. Estimar con un error menor a 5% el la cantidad media de clientes en el sistema en función de $\lambda/(\mu_1 + \mu_2)$.

3. Ejercicio 3
   Usando el programa `mm1.c` o el script de *Octave* mm1.m, responder a los siguientes requerimientos:

(a) Modificar el programa para un modelo de cola *M/M/1*, para que mediante simulaciones y con un error menor al 5%, compute estimaciones del promedio temporal de clientes en el sistema $L = \frac{1}{T}\int_0^T L(t)dt$ y el promedio temporal de clientes en cola $L_q = \frac{1}{T}\int_0^T q(t)dt$en función de la *intensidad de tráfico* $\rho = \lambda/\mu$, donde $L(T)$ es la cantidad de clientes en el sistema y $q(t)$ es la cantidad de clientes en cola en el instante t, para un tiempo de operación de la cola T. Comparar con el valor teórico. Estime con las simulaciones obtenidas $L - Lq$. Comente este resultado.

(b) Modificar el programa para que compute, tambien el *Tiempo Medio en el Sistema por cliente* W. Para un error menor al 5%, obtener L y W como función de ρ. Co estos resultados, graficar L vs W Comentar. Comparar con valores teóricos.

(c) Si por cada cliente que se encuentra esperando en el sistema, se incurre en un costo $c\frac{\$}{\text{hora cliente}}$ y si el servidor tiene un costo de utilización $s\frac{\$}{\text{hora}}$, realizar:

   i. Modificar el programa para ingresar c y s y que compute el *Costo Total Medio* $C = \frac{1}{T}\int_0^T c(t)dt$, donde $c(t)$ es el costo total y T es un tiempo de operación.

   ii. Con las modificaciones realizadas, estimar C como función de ρ.