

MATERIA: SIMULACIÓN

SIMULACIÓN: Guía de trabajos prácticos UNIDAD Nro. 5 - 2013

Profesor Titular:

MAGRIS, Sergio.

Profesor Asociado:

SÁNCHEZ, Daniel.

Profesor Adjunto:

CASTRO, Sergio.

Jefes de Trabajos Prácticos:

PAILOS, Hugo.

CARENA, Gonzalo.

BERROTARAN, Juan José.

Auxiliares de Primera:

DANIELE, Analía.

GUALPA, Martín.

BARALE, Lorena.

Unidad N° 5: MODELOS DE SIMULACIÓN DINÁMICOS (COLAS)

1. A una peluquería llegan clientes con una distribución exponencial negativa de media 15 minutos. El único peluquero existente demora entre 8 y 18 minutos distribuidos uniformemente para cortar el pelo a un cliente.
¿Cuál es el tiempo promedio de espera de cada cliente?

2. A una peluquería llegan clientes con una distribución exponencial negativa de media 10 minutos. El único peluquero existente demora entre 8 y 28 minutos distribuidos uniformemente para cortar el pelo a un cliente. Si llega un cliente y hay más de 1 persona esperando, se va.
¿Cuál es el tiempo promedio de espera de cada cliente?
¿Cuántos clientes no son atendidos?
¿Cuál es la probabilidad de que un cliente sea atendido?

3. Un supermercado mantiene en funcionamiento una caja registradora. El tiempo necesario para atender a un cliente tiene una distribución uniforme entre 1 y 5 minutos. Los clientes llegan a la caja según una distribución exponencial negativa con una frecuencia de 15 clientes por hora.
¿Cuál es el porcentaje de utilización del cajero durante los primeros 60 minutos?

4. Por un puesto de peaje llegan autos con una distribución exponencial negativa de media 4 minutos. El encargado demora $U(2'; 6')$ en cobrar a cada auto. El puesto tiene sombra para el vehículo al que le están cobrando y para dos más.
Calcular el porcentaje de autos a los cuales les toca sombra cuando llegan.

MATERIA: SIMULACIÓN

5. Personas llegan a un cajero automático para efectuar el cobro de su sueldo. Si lo desean, extraen el ticket de saldo de su caja de ahorro.

Los datos del modelo son:

- Distribución de llegada: exponencial negativa de media 3 minutos.
- Tiempo de cobro de sueldo: Uniforme (1,5 ; 2,5) minutos.
- Tiempo de impresión de ticket: 10 segundos.
- Porcentaje de personas que retiran ticket: 40%.

Indicar el tiempo promedio de permanencia de las personas en el sistema.

6. Considere una compañía con un sistema de computación que consiste en una única CPU y m pantallas. Las tareas (o job) de cada pantalla tienen un tiempo neto de proceso dado por $\exp(0,8)$ y son atendidos de a una vez por el CPU según un orden cíclico. El CPU funciona de tal forma que asignan a cada tarea una cantidad máxima de tiempo de servicio de $Q=0,1$ ".

Si el tiempo de servicio remanente de una tarea, S es menor o igual a que Q , el CPU permanece un tiempo S más un tiempo $T=0,015$ " procesando dicha tarea y regresa esta a su terminal.

Si S es mayor que Q el CPU permanece Q más T procesando la tarea y luego el trabajo regresa al final de la cola y su tiempo remanente S es decrementado en Q segundos. El proceso se repite hasta que la tarea se completa, punto en el cual regresa a su terminal y despacha otra tarea.

Determine el tiempo medio de permanencia de las tareas en el sistema.

Asuma que todas las terminales se encuentran "pensando" cuando comienza la simulación. La compañía desea saber cuántas terminales se pueden colgar al sistema para que todos sus usuarios obtengan un tiempo de respuesta medio de 30".

7. A una panadería llega un cliente cada 2 minutos. La panadería cuenta con un empleado, que demora 1,5 minutos en atender al cliente, si éste compra una sola cosa, 2 minutos, si el cliente compra 2 cosas, y 2,5 minutos si el cliente compra 3 cosas.

De los últimos 50 clientes, 15 compraron una sola cosa, 25 compraron 2 cosas, y los 10 restantes compraron 3 cosas.

Se desea saber cuantos clientes son atendidos hasta el minuto 10 y el porcentaje de tiempo ocioso del empleado.

8. En un taller de reparaciones se garantiza poder arreglar ciertas fallas de algunos aparatos domésticos en 20 minutos. La garantía indica que si un cliente debe esperar más de 20 minutos recibe la reparación en forma gratuita.

Por cada reparación se obtiene un beneficio promedio de \$20 (ésta deriva de la tarifa de reparación de \$50 menos los costos de reparación de \$30).

Los aparatos domésticos llegan con una distribución exponencial negativa a un índice de 8 aparatos por hora. El tiempo de servicio de la reparación tiene una distribución uniforme entre 3 y 7 minutos.

En el taller hay un reparador.

¿Puede funcionar con beneficios aplicando esa garantía? Simular 90 minutos.

9. A otra panadería llegan clientes con una distribución exponencial negativa de media 1 minuto. Esta panadería cuenta con dos empleados, cualquiera de los cuales demora entre 0,5 y 1,5 minutos (distribución uniforme) en atender a un cliente, independientemente de cuántas cosas compre el cliente.

Se desea saber cuantos clientes son atendidos hasta el minuto 5 y el porcentaje de tiempo ocioso de los empleados (por separado).

10. En una estación de servicio que actualmente cuenta con 4 surtidores, los clientes llegan a cargar combustible, según una distribución exponencial negativa de media 3 minutos.

MATERIA: SIMULACIÓN

Los tiempos de servicio de un surtidor son $U(3; 7)$ minutos. Este servicio incluye lo que tarda el operario en atender el auto, desde que toma el pedido hasta que el auto parte.

Los automovilistas irán a la cola con menor número de autos y permanecerán allí hasta ser atendidos.

No entrarán a la estación cuando haya más de tres autos en cada surtidor.

El dueño de la estación desea atender al 95% de los clientes. Se desea averiguar cual es el mínimo de surtidores para que esta premisa se cumpla.

Además indicar las siguientes variables del modelo:

- Dar el total de autos que ingresan al sistema durante la simulación.
- Cantidad de autos rechazados.
- Porcentaje de autos atendidos.
- Tiempo ocioso promedio de los surtidores.
- Tiempo de espera promedio para los automovilistas.

11. A la municipalidad de la ciudad de Córdoba, llegan personas con una media de una persona cada 60 segundos, a pagar el impuesto municipal. Un 40% tiene su factura vencida, el resto puede pagar directamente sus facturas en las 5 cajas habilitadas. Cada cobro demora 30 segundos por persona.

Las personas que tienen sus facturas vencidas, tienen que actualizar las mismas en las ventanillas habilitadas, por lo que antes de ir a pagar en las cajas, se dirigen a las ventanillas para actualizar sus facturas, tarea que le toma, al único empleado destinado a la misma, 40 segundos.

Luego de pagar se retiran.

Se necesita saber el tiempo promedio general de espera en las cajas.

12. En un sistema de control de calidad de una fábrica de relojes en el que trabajan hombres y máquinas, el tiempo de llegada de cada reloj tiene una distribución exponencial, con un tiempo entre llegadas de 0,09 horas (media). Los relojes se controlan de uno en uno, a medida que van llegando. El tiempo necesario para controlar un reloj tiene una distribución exponencial, con una media de 0,07 horas, determinar:

- El tiempo medio que debe esperar un reloj antes de ser controlado.
- El tiempo total promedio de un reloj en el sistema, desde que entra para ser controlado hasta que sale Ok o fallado.
- El porcentaje de utilización del sistema hombre-maquina que controlan a los relojes.

13. Un supermercado tiene tres cajas. El tiempo medio entre llegadas es de un cliente cada 6" según una distribución exponencial. El número de artículos que lleva cada cliente está dado por la siguiente tabla:

Cantidad de artículos	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Probabilidad (%)	4	7	11	15	24	20	10	6	3

El tiempo de cobro de cada caja es de 15" por artículo. El tiempo de compra por artículo es de 8". Considerar que pueden estar comprando hasta 10 clientes en forma simultánea, los que llegan y no encuentran lugar, se van. Indicar porcentaje de clientes que compran.

14. Se desea simular el funcionamiento de un negocio que tiene dos secciones: Despensa y Panadería. La sección Despensa está atendida por un dependiente que demora $U(2,5'; 3,5')$ en atender a cada cliente, y la sección de Panadería, con dos dependientes, cualquiera de ellos demora entre 3 y 5 minutos en atender a un cliente (dist. uniforme).

El 70% de los clientes compra en la Panadería y el 30% restante en la sección de Despensa.

La caja del comercio es común a las dos secciones y realiza sus cobros a razón de $1 \pm 0,6$ minutos por artículo (dist. Normal). Los clientes compran y se llevan el 40%, 1 artículo, el 35% 2 artículos y el 25% 3 artículos.

MATERIA: SIMULACIÓN

Los clientes llegan al negocio a intervalos de tiempo que responden a una distribución exponencial negativa con $\lambda = 0,2$.

- a) Calcular el número de artículos vendidos por el negocio, suponiendo que el primero de los clientes llega a los 5 minutos de iniciada la simulación.
- b) Dar el porcentaje de tiempo ocioso de la caja.
- c) Si el empleado en caja pudiera ayudar en otra sección, mientras está ocioso, ¿a qué sección debería ayudar? Justifique.

15. A la municipalidad de la ciudad de Córdoba, llegan personas con una media de una persona cada 60 segundos, a pagar el impuesto municipal. Un 40% tiene su factura vencida, el resto puede pagar directamente sus facturas en las 5 cajas habilitadas. Cada cobro demora 30 segundos por persona.

De las personas que tienen sus facturas vencidas, un 80% ya sabe que tiene que actualizar las mismas en las ventanillas habilitadas, por lo que antes de ir a pagar en las cajas, se dirigen a las ventanillas para actualizar sus facturas, tarea que le toma, al único empleado destinado a la misma, 40 segundos.

Las personas que tienen sus facturas vencidas, y no saben como es el procedimiento, apenas llegan se dirigen a la sección de informes, donde una empleada les indica que deben ir a la ventanilla de actualizaciones, y luego a pagar la factura. Para informar esto, la empleada demora 20 segundos.

Luego de pagar se retiran.

Se necesita saber el tiempo promedio general de espera en las cajas.

16. Un comercio de artículos del hogar efectúa ventas al contado y a crédito. Existen 2 vendedores en mostrador que tardan en convencer a un cliente entre 8 y 12 minutos (distribución uniforme). Los clientes llegan al negocio con un tiempo $U(7;11)$. El 80% de los clientes compran a crédito y el 20% al contado.

La mercadería es despachada por el comercio al domicilio del cliente utilizando un furgón de reparto. Éste demora 10 minutos por artículo para repartirlos. Si hay artículos de contado para repartir, solo se reparte un lote con estos únicamente. La capacidad del vehículo es de 4 artículos.

Si no hay 4 artículos vendidos a crédito o ninguno de contado, el vehículo espera en el garaje de carga hasta que ocurra alguna de esas situaciones. Considerando 1 artículo por cliente, indicar cuál es el tiempo medio de reparto de los paquetes a crédito (teniendo en cuenta desde que se realiza la venta hasta que el paquete es entregado).

17. Sobre un río serrano el derrumbe de un puente generó la construcción de urgencia de un cruce de vías. Ahora funciona allí una zorra con un vagón que traslada autos entre los dos extremos del río (o paradas del vagón). La capacidad del vagón es de 5 autos.

A la parada 1 llega 1 auto por minuto y a la parada 2 llegan 3 autos cada 5 minutos. Para la carga, traslado y descarga de automóviles el vagón tarda 5 minutos. Cada auto paga \$2,00 para ser trasladado y el costo que tiene el vagón es de \$6,00 para hacer cada traslado. Si un auto espera más de 12 minutos se va hacia otro puente donde no le cobrarán, con lo que los dueños del vagón consideran una pérdida de \$1,00 por cada auto perdido.

Analizar dos políticas y elija la menor para un período de 30 minutos asumiendo que el vagón comienza en la parada 1 y no hay autos esperando en cola.

- a) El vagón espera completar los 5 autos para iniciar traslados a máxima capacidad.
- b) Cuando se finaliza un traslado se inicia de inmediato un nuevo traslado hacia la otra orilla aunque no lleve automóviles (va vacío). El tiempo de traslado sin autos (vacío) es de 3 minutos por no haber carga y descarga.

18. Al router de una LAN llegan desde Internet paquetes de datos de 64 Kbytes a una tasa de 120 paquetes por minuto con distribución exponencial, los cuales deben ser redireccionados a dos dominios en los cuales está subdividida la red local. El router tarda 0,3 segundos en redireccionar al dominio 1, pero como el dominio 2 está subdividido en 4 subredes, debe realizar la operación AND

MATERIA: SIMULACIÓN

con la máscara de subred, con lo cual demora otros 0,3 segundos. El 75% del tráfico en la red va dirigido hacia el dominio 2.

El router tiene un buffer interno de 1 MegaByte. Si dicho buffer se llena, el router comienza a descartar los paquetes subsiguientes. Se debería extender ésta característica de hardware?

Simule durante 3.5 segundos.

19. Un restaurante tiene **10** mesas y **1** mozo. Los clientes llegan a intervalos de 10 minutos en grupos de 2 o 4 personas. Cuando llega un grupo de personas, ocupan una mesa siempre y cuando ésta esté desocupada. Si un grupo llega y no hay mesa desocupada, y no hay nadie esperando, esperan una mesa; si no hay mesas desocupadas y ya hay clientes esperando, se van.

La carta consta de dos menús diferentes, cada uno con un tiempo **T_m** de preparación. Todas las personas del grupo piden el mismo menú. Los dos menús tienen la misma probabilidad de ser elegidos.

Cada grupo demora un tiempo $N(1h, 20')$ en consumir la comida y retirarse del lugar.

El mozo demora 1 minuto por persona para tomar el pedido, y demora 2 minutos en llevar el pedido a la mesa una vez que este ha sido preparado en la cocina.

La prioridad del mozo siempre es tomar pedidos.

T_{m1}: 10'

T_{m2}: 15'

20. A la empresa Megared expert®, que se dedica a la venta de computadoras e insumos, llegan personas con una distribución normal de media 5' y desviación 1'. El 40% de las personas viene a comprar insumos, otro 55% viene a pedir presupuesto para una computadora, y el 5% restante necesita servicio técnico para una computadora previamente comprada.

Cuando una persona llega, si viene a comprar insumos, es atendido por la recepcionista en el caso de que ésta no esté atendiendo el teléfono. Si la recepcionista está ocupada la persona debe esperar, en cambio, si una persona está siendo atendida y suena el teléfono, la recepcionista no lo responde y sigue atendiendo. La recepcionista solo atiende el teléfono si no hay personas esperando para comprar insumos.

Las personas que compran insumos, son atendidas (entrega y cobro del insumo) en $3' \pm 1'$. El teléfono suena cada 5 minutos, y las comunicaciones duran $1' \pm 30''$.

Si una persona viene a pedir presupuesto, en caso de que alguno de los tres vendedores esté desocupado, es atendida, sino, debe esperar. Un presupuesto demora $7' \pm 2'$.

En cambio si trae una computadora para reparar, se dirige directamente a servicio técnico, donde dos personas se encargan de recibir el hardware, preguntar por el problema y dar un comprobante a la persona. Estas tres actividades demoran $3' \pm 1'$.

Una vez que las personas cumplen su objetivo (comprar insumos, pedir presupuesto o dejar una PC en servicio técnico) se retiran del local.

21. A una biblioteca pública llegan personas cada 4 minutos.

En el mostrador de atención al público hay dos empleados, ambos se dedican a recibir libros o a prestarlos, según lo que necesite la persona que se presenta. De las personas que vienen al mostrador, un 50% viene a pedir libros, y el otro 50% a devolverlos.

Cualquiera de los empleados demora una cantidad de tiempo que responde a una EXP(-) de media 6' en buscar un libro, tomar los datos de la persona que lo pide y entregárselo. Además se sabe que demoran un tiempo de $2' \pm 0,5'$ en recibir un libro que se devuelve y registrar que la persona que lo había llevado ya lo devolvió.

De las personas que piden libros prestados, el 60% se retira de la biblioteca, y el resto se queda a leer el libro en las instalaciones de la misma.

Las personas que utilizan las instalaciones, se quedan en promedio 30' y luego devuelven el libro, antes de retirarse.

Es política de la biblioteca prestar solo un libro por persona.

Plantear una fórmula (cuyos datos se extraerían de vector de estado) para establecer el promedio de permanencia de las personas en la biblioteca.

MATERIA: SIMULACIÓN

22. A la cafetería de la UTN entran personas con una distribución $N(10'', 2'')$ entre las 12:30 y las 13:30. El 30% entra para comprar algo, el 20 % viene a utilizar las mesas y el resto solamente esta de paso.

De las personas que compran, la mitad se retira y la otra mitad ocupa alguna mesa. Para poder comprar deben comprar un ticket en la única caja de la cafetería, la que está atendida por el dueño. Una vez que retiran el ticket, se dirigen hacia el costado izquierdo de la caja donde 2 empleados hacen la entrega de lo que figura en el ticket.

Las personas que compraron y se quedan, se retiran una vez que terminan de consumir lo que compraron.

Tiempo de compra de ticket: 20 segundos.

Tiempo de entrega de pedido: $\exp(-)(50'')$

Tiempo de consumición de pedido: 5 ± 1 minutos

Tiempo de utilización de mesas: 15 ± 5 minutos

Suponer mesas ilimitadas.

Plantear una fórmula (cuyos datos se extraerían de vector de estado) para establecer el promedio de permanencia de las personas en la cafetería.

23. Al subsuelo de la disquería EDEN llegan clientes con una distribución exponencial negativa de media 2 minutos. Un 10% de estos clientes solo viene a mirar los discos en venta (durante aprox. 3 min.) y luego de van. Los demás clientes, quieren hacer algún tipo de consulta a los cajeros (estos son dos, pero hay una sola cola para la atención).

Los clientes que consultan a los cajeros, lo hacen ya sea porque desde el momento que entraron sabían lo que iban a comprar (en un 40% de los casos), o porque quieren escuchar algún disco en las cabinas (en el 60% de los casos). Si saben que disco comprar, lo piden, pagan y se van. Si no, el cajero les da el disco que desean escuchar y los clientes se dirigen a las cabinas, donde escuchar los discos durante un tiempo 4 ± 1 min.

Luego de escuchar un disco, un 30% de los clientes lo compra, para lo cual se dirige otra vez a la caja para pagarlo. El resto, simplemente lo deja sobre el mostrador de atención al público y se retira.

Los cajeros demoran 2 minutos en atender a cada cliente, sin importar para que asunto los consultan.

¿Hacen falta más cajeros?

24. A una receptoría de "La Voz del Interior" llegan personas con una distribución exponencial negativa de media 10'. El 50% de las personas quiere publicar dos avisos, el resto solo uno. Después de que alguno de los dos receptores toma el pedido de avisos (demorando cualquiera de ellos $5' \pm 2'$, sin importar la cantidad de avisos), la persona se dirige a la caja, donde abona el importe de sus avisos (\$5 por un aviso y \$8 por dos avisos) y luego se retira del local.

Los avisos son procesados y clasificados en 1' por un sistema informático de capacidad ilimitada, pero que clasifica equivocadamente 1 de cada 50 avisos (el 2% de los avisos), lo cual ocasiona – debido a las quejas de la persona que lo pagó – una pérdida de \$50.

Se desea saber el comportamiento de una función de ganancia con respecto a la cantidad de avisos procesados.

25. Durante un apagón, a un pequeño locutorio telefónico ubicado fuera del área sin energía eléctrica, comenzaron a llegar personas provenientes de la zona que estaba a oscuras.

A partir de las 22:30, momento en que el único empleado se encontraba desocupado, empezaron a llegar (con una distribución exponencial negativa) 4 personas por minuto.

A medida que iban entrando el empleado automáticamente les asignaba una cabina. Como solo había 2 cabinas en ese locutorio, las personas que llegaron y se encontraron con que todo estaba ocupado, sumado al hecho de que en ningún kiosco quedaban velas, se retiraban del locutorio.

Como casi todas las personas solo venían a hablar por teléfono para preguntar si en otro lugar de la ciudad había luz, solo demoraban hablando 30 ± 5 segundos (uniforme).

MATERIA: SIMULACIÓN

Cuando terminaban de hablar, se dirigían a pagar la tarifa. Como el locutorio tiene la promoción “happy hour” de 22 a 23hs, la tarifa era de 10 centavos para llamadas de hasta 30 segundos y de ahí en adelante 2 centavos fraccionado cada 10 segundos.

El empleado demoraba 10 segundos en cobrar a cada persona, y se lamentaba por los 5 centavos que consideraba perdidos por cada persona que no encontraba cabina.

Se necesita saber:

- a) Porcentaje de personas que no consiguen cabina.
- b) Cola máxima en caja.
- c) Tiempo promedio de las comunicaciones.
- d) Total de dinero acumulado en caja.
- e) Ganancia neta considerando el costo de perder clientes.

26. Una estación aérea cuenta con una única pista de aterrizaje y despegue. Las aeronaves arriban a la estación aérea de a una por vez según una distribución exponencial con un tiempo medio entre llegadas de 10 minutos.

Cuando una aeronave llega se autoriza su aterrizaje si la pista se encuentra desocupada, operación que demora entre 3 y 5 minutos (uniformemente distribuidos). Si la pista se encuentra ocupada la aeronave debe esperar (en vuelo) por orden de llegada la autorización para aterrizar.

Las aeronaves permanecen en la estación aérea un tiempo dado por una distribución normal con media de 80 minutos y desviación estándar de 30 minutos, transcurrido el cual las aeronaves solicitan autorización de despegue. Si la pista se encuentra disponible, la autorización es dada y las aeronaves demoran entre 2 y 4 minutos en despegar (uniformemente distribuidos), sino, esperan (en tierra) en el orden en que solicitaron la autorización.

Las aeronaves que esperan “en vuelo” tienen prioridad para el uso de la pista sobre las que esperan “en tierra”.

Si al llegar una aeronave en la estación aérea hay 30 unidades (entre las que “esperan en tierra” y las que se encuentran estacionadas), ésta es derivada a otra estación aérea.

Desarrollar un modelo de simulación que permita conocer el tiempo máximo y promedio de espera “en vuelo” y el tiempo máximo y promedio de espera “en tierra” así como el porcentaje de aeronaves que aterrizan y parten ni bien lo solicitan.

Al comenzar el experimento de simulación (minuto cero) tenga en cuenta que:

- a) la próxima aeronave llega al minuto 12.
- b) Hay 3 aeronaves en la estación aérea que finalizan su permanencia a los minutos 15, 17 y 20.
- c) Ninguna aeronave está utilizando la pista o esperando para despegar o aterrizar.

27. A la empresa PC Boutique, que se dedica a la venta de computadoras, insumos y recarga de cartuchos de tinta, llegan personas con una distribución exponencial negativa de media 5’.

Según facturación previa, de los últimos 20 clientes, 5 compraron insumos, 2 pidieron un presupuesto para una PC, y los 13 restantes trajeron un cartucho de tinta para su recarga.

Cuando una persona llega, si viene a comprar insumos o a pedir un presupuesto, es atendida por alguno de los dos vendedores. Un presupuesto demora $7 \pm 2'$. Las personas que compran insumos son atendidas (entrega y cobro del insumo) en $3 \pm 1'$.

Las personas que traen cartuchos vacíos, en cambio, van al sector de servicio técnico. Allí dejan el cartucho, y se les otorga un remito, con la fecha en la que deben retirar el cartucho. Esto demora 2 minutos, pero si el técnico está hablando por teléfono, la persona debe esperar a que la llamada termine. Hay llamadas cada 10 minutos, y tienen una duración de 3 minutos.

Una vez que las personas cumplen su objetivo (comprar insumos, pedir presupuesto o dejar un cartucho en servicio técnico) se retiran del local.

Se pide:

- a) Listado de eventos con sus tiempos y objetos con sus estados.
- b) Vector de estado (con 10 líneas de simulación).
- c) Fórmulas para obtener los tiempos promedio de atención de cada una de las tres actividades más importantes (insumos, presupuestos, cartuchos).

MATERIA: SIMULACIÓN

28. Un pequeño supermercado posee una única caja de cobro. El tiempo que tarda el cajero en atender a un cliente sigue una distribución uniforme (6 - 9) min/cliente. Sin embargo, si al iniciar la atención de un nuevo cliente el cajero observa que el sistema contiene tres o más clientes, el mismo toca una campanilla que señala a un ayudante para que venga a auxiliarlo en la tarea de empaque. Esta práctica reduce el tiempo de servicio a (4 - 6) min/cliente. Cuando el sistema está vacío el ayudante regresa a sus tareas habituales de reposición de stock. Los clientes arriban a la caja de cobro según una distribución Exponencial Negativa con una media de 10 por hora. Basados en la simulación del sistema durante 70 minutos determinar el porcentaje de utilización del ayudante en las tareas de empaque.

29. Personas llegan para deslizarse por una alfombra mágica cada $3' \pm 45''$ (normal) y demoran en deslizarse $12' \pm 4'$. Cada 40' se suspenden las tiradas hasta que no haya nadie bajando. Cada 4 horas se suspenden las tiradas para hacer una limpieza, durante 20 a contar desde el instante que deja de haber personas bajando.
Determinar la cola máxima al cabo de 10 hs y cuál es la espera máxima en cola.

30. En un negocio de arreglo y venta de relojes hay un relojero y su ayudante.
El ayudante tiene como tarea atender a las personas que entran en el negocio (llegan respetando una distribución uniforme entre 13 y 17 minutos), ya sea para comprar (45%), para entregar relojes para reparar (25%) o para retirar relojes reparados (30%).
Si el cliente quiere comprar, el tiempo de la venta es de 6 a 10 minutos uniformemente distribuidos. Si el cliente viene a retirar o entregar relojes, se demora en la atención del mismo, 3 minutos.
El relojero se encarga de la reparación de los relojes, demorando en esta tarea $U(18 ; 22)$ minutos.
Inicialmente hay 5 relojes en espera de ser retirados. Se demoró un tiempo total de 115 minutos para recibir y reparar dichos relojes.
¿Puede algún cliente venir a retirar un reloj, y que el mismo no esté reparado aún?

31. Considerar un sistema integrado por una empresa de alquiler de autos (EAA) con un tiempo medio entre llegadas de 24 personas por hora, y una terminal aérea (TA) que tiene tiempos de llegada de 12 personas por hora. En ambos casos distribución exponencial negativa.
En cada lugar existe una cola para acceder a un servicio de transporte colectivo, que sigue el siguiente recorrido: EAA, TA, EAA, TA, etc.
El colectivo tiene capacidad para 20 personas, las que suben o bajan del mismo en forma instantánea.
El colectivo espera 5 minutos en cada destino, luego de lo cual parte con los pasajeros que tenía en ese momento, o ni bien se completa, en ese caso parte inmediatamente.
Todos los viajes entre destinos demoran 15 minutos.
Determinar las colas máximas en cada destino.

32. La empresa "Sorpresa" se dedica al envío de regalos exclusivos a domicilio. Recibe pedidos con una distribución $N(20,5)$ min. La empresa cuenta con tres (3) repartidores, los cuales demoran 15 ± 5 min en entregar cada pedido. Si hay repartidor libre, de inmediato se envía el pedido; sino, queda a la espera de que regrese un repartidor.
Al llevar el pedido, en el 30% de los casos, el destinatario no está; en ese caso el repartidor devuelve el pedido a la empresa, demorando un tiempo que responde a una distribución $EXP(5)$ en regresar (únicamente cuando vuelve con el paquete).
Cuando el repartidor regresa con un pedido que no fue entregado, el pedido es desechado.
Los repartidores llevan de a un pedido por vez, y regresan a la empresa hayan o no entregado el pedido.
Se quiere saber el tiempo promedio de entrega de los pedidos que son recibidos por el destinatario.

MATERIA: SIMULACIÓN

33. Una estación de servicio consta de tres surtidores de combustibles, dos empleados en gomería y uno para la venta de accesorios.

Los clientes llegan a la estación con una distribución de intervalos de tiempo entre llegadas de tipo normal con media 24" y desviación estándar de 23" en el rango 20" – 28".

El 80% de los usuarios carga combustible, y del resto el 40% va a comprar un accesorio y un 60% utiliza el servicio de gomería. De los usuarios que cargan combustible, el 30% luego compra accesorios, el 20% utiliza luego el servicio de gomería y el resto se retira sin recibir otro servicio.

La operación de la carga de combustible insume un tiempo de $50'' \pm 5''$, la atención en gomería demanda $18' \pm 8'$, y la venta de accesorios $3' \pm 2'$ (todas distribuciones uniformes).

Los dos empleados de gomería atienden en forma independiente un automóvil cada uno. Cada surtidor está atendido por un empleado.

34. A un CyberCafé de la ciudad, llegan personas para navegar en internet. La mitad, pide turnos de una hora, el resto, de media hora. Cuando ingresan al local, se anuncian con el encargado, quien les asigna una terminal y registra la hora de llegada del cliente. En medio de la navegación, el 20% de los clientes ordena algo del bar. El pedido es tomado por un mozo (el cliente nunca abandona la terminal), quien se encarga de traer más tarde el pedido al cliente.

Cuando las personas se retiran, pagan la tarifa al encargado, y algunos de ellos (1 de cada 10) buscan y retiran impresiones que hicieron mientras navegaban. Esta última actividad no afecta el tiempo de atención del cajero.

Los pedidos al bar oscilan en promedio en los \$2. Un turno de una hora cuesta \$3.50 y la media hora \$2. Por hacer impresiones hay un recargo de \$0.50.

¿Cuál es el gasto promedio por cliente?

Tiempo de llegada:	15 min.
Tiempo de asignación se terminal:	20 segs.
Tiempo de pedidos al bar:	3 min.
Tiempo de cobro de tarifa:	30 segs.
Tiempo de retiro de impresiones:	1 min.

35. En una peluquería hay tres empleados: un aprendiz y dos veteranos. El aprendiz demora $25' \pm 5'$ en efectuar un corte de pelo y atiende al 15% de los clientes. El veterano A demora $12' \pm 1'$ y atiende el 45% de los clientes. El veterano B demora $15' \pm 3'$ y atiende los restantes clientes. Todos los tiempos de servicio de los peluqueros responden a distribuciones uniformes.

Los clientes llegan a la peluquería a razón de uno cada $7' \pm 5'$ (distribución uniforme). Si los clientes esperan más de 30' se cansan y se van.

Los peluqueros veteranos cobran \$5 por corte de pelo y el novato solo \$3.

¿Cuánto recauda cada uno al término de un día?

¿Qué cantidad de sillas son necesarias para que en ningún momento se encuentre un cliente de pie?

Los clientes se receptan durante 8 horas y se trabaja hasta que no quedan más clientes por ese día. Simular para un año.

36. Una metalúrgica tiene tres etapas: Fundido, Forjado y Terminado. Las piezas llegan a Fundido con un tiempo entre llegadas dado por la siguiente tabla:

Tiempo entre llegadas	1'	2'	3'	4'
Probabilidad	0,3	0,2	0,2	0,3

El tiempo de Fundido es de $3' \pm 1'$ según una distribución uniforme. El proceso de Forjado se puede hacer de 10 a 20 piezas por hora (distribución uniforme). El Terminado tarda $5' \pm 2'$ según una distribución uniforme. Para que las piezas puedan ser Terminadas deben enfriarse por lo menos 10' desde que finalizó su Forjado. Efectuar la simulación para seis meses.

MATERIA: SIMULACIÓN

37. Una biblioteca tiene una sección de archivos que contiene libros especializados. Quien solicita un libro debe primero llenar una solicitud y presentarla al bibliotecario. El bibliotecario va entonces hasta el archivo para localizar el libro y regresa con él. El libro es verificado y entregado al lector. Asuma que todas las solicitudes son halladas en el archivo y que cada lector hace una solicitud por vez. Si muchos lectores están esperando, un bibliotecario puede buscar muchas solicitudes a la vez, hasta un máximo de 5 solicitudes.

Datos del modelo:

Tasa de solicitudes: exponencial negativa = 0,5 minutos.

Tiempo de verificación de solicitudes = constante = 0,2 minutos.

Tránsito hasta el archivo: uniforme = $1' \pm 0,5'$.

Localización de N libros: normal, media = N' , desv. = $N'/5$

Regreso del archivo: uniforme: 0,5' a 2'.

Verificación de cada libro: constante = 0,5.

Asuma que hay tres bibliotecarios. Corra el modelo para ocho horas.

38. Considere un sistema de una cuadra de estacionamiento medido mediante parquímetros, que permiten estacionar turnos de una hora como máximo, después deben abandonar el lugar. Existen 5 lugares disponibles para estacionar. Los usuarios de los parquímetros llegan con intención de estacionar con una distribución normal de media 7'.

Un 20% de los que estacionan se demoran 10 minutos más de lo previsto.

Cada dos horas pasa un inspector controlando los parquímetros (es el único inspector de la cuadra), demorando para cada inspección 1 minuto. Si encuentra una infracción confecciona una boleta, lo que le lleva 5 minutos.

Si un vehículo cumple con su tiempo de permanencia durante el control del inspector, el vehículo se va. Si el tiempo se cumple cuando el inspector está haciendo la boleta de la infracción, el vehículo espera el fin de la confección de la boleta para abandonar el estacionamiento.

Se pide:

- a) Cuántos vehículos no encuentran lugar?
- b) Cuántas infracciones levanta el inspector?

39. Considere un sistema de una cuadra de estacionamiento medido mediante parquímetros, que permiten estacionar turnos de hasta 2 horas como máximo, en fracciones de una hora. Existen 25 lugares disponibles para estacionar. Los usuarios de los parquímetros llegan con intención de estacionar con una distribución normal de media 10' y desviación estándar 3'.

Un 40% de los que llegan quieren estacionar una hora, el resto dos horas.

El 3% de los que estacionan no colocan monedas (independientemente de que el parquímetro tenga tiempo restante o no). Los lugares que tienen tiempo restante en el parquímetro tienen prioridad en ser ocupados. El 37% de los que estacionan, utilizan el lugar entre un 50% y un 95% (uniformemente distribuido) del tiempo previsto (1 o 2 horas). El 40% de los que estacionan, utilizan el 100% del tiempo previsto. El 20% restante, demoran entre un 5% y un 15% (uniformemente distribuido) más del tiempo previsto.

Se pide:

- a) ¿cuántos vehículos no encuentran lugar?
- b) ¿qué porcentaje de vehículos se encuentran en algún momento en infracción sobre el total de los que estacionan?

40. El domingo 1° de Mayo cerraron sus puertas los supermercados Disco y Cordiez, ambos ubicados en el centro de la ciudad. Una gran cantidad de gente se abocó al supermercado Sonrisa (ahora supermercado "Amigo"), que estaba abierto, pero funcionando con la mitad del personal.

El sector de Carnicería-Fiambrería tenía dos empleados, uno en carnicería, el otro en fiambrería. Cada uno con una balanza que pesa y emite el precio en código de barra. Ese sector además, se encarga de pesar y ponerle precio a los productos que los clientes sacan de la verdulería.

MATERIA: SIMULACIÓN

Los clientes estaban llegando con una distribución exponencial negativa de media 0,5'. El 30% solo venía al sector a pesar las verduras y obtener el precio. Este grupo elegía la cola con menor número de personas para pesar las verduras. El 26% se dirigía a la carnicería (la mitad de estos, además, tenían verduras para pesar). El 44% restante iba a la fiambrería, y solo un 25% de estos últimos tenían verduras para pesar.

El empleado de fiambrería demora $U(2' \pm 1')$ en atender a una persona, el de la carnicería demora $U(1,5' \pm 1')$ en atender a cada persona. En cambio, cualquiera de los dos empleados demora 0,2' en pesar verduras (constante).

Dar el tiempo promedio de espera de las personas (para cualquier cola).

41. Un supermercado tiene tres cajas y vende tres tipos de artículos diferentes. El tiempo medio entre llegadas es de un cliente cada 10" según una distribución exponencial. El número de artículos que lleva cada cliente está dado por la siguiente tabla:

Cantidad de artículos	1	2	3
Probabilidad (%)	40	30	30

El tiempo de cobro de cada caja es de 1 minuto por artículo. El tiempo de compra por artículo es de $\frac{1}{2}'$. El tiempo de tránsito desde la entrada hasta el sector de la góndola es de 10".

Desarrollar el modelo estático, el modelo dinámico y la simulación para el modelo enunciado. Considere que la góndola tiene una cantidad limitada de clientes que pueden acceder a ella en forma simultánea (que en este caso es igual a 30).

42. A un cine llegan personas para ver la función (y que necesitan entradas desde 20' antes del comienzo), cada $25'' \pm 5''$ y cada persona puede comprar de 1 a 4 entradas con igual probabilidad. Además desde 8' antes del comienzo llegan personas que ya tienen entradas en grupos de 1 a 3 personas con igual probabilidad, cada $20'' \pm 3''$.

4' antes del comienzo de la función se habilita la entrada y cada persona demora en entrar $2'' \pm 1''$. La capacidad del cine es de 100 personas y luego del comienzo no se venden más entradas y no se admiten personas en la cola (salvo las que puedan estar comprando en ese momento). Si el cine se llena no entran más personas.

- Determinar la probabilidad de que el cine se llene.
- Determinar la probabilidad de que una persona con entrada no pueda entrar.
- Si las entradas anticipadas tienen un 15% de descuento, ¿cuánto es el descuento (en %) otorgado?

43. En el examen final de "Desarrollo Bajo Lenguajes Visuales" el lunes pasado, varios de los alumnos que se presentaron pudieron finalizar a tiempo la parte práctica del mismo, que había sido definida por el titular de cátedra en 2 horas.

Luego de transcurridos 1 h. 30m. de examen comenzaron a terminar la parte práctica los alumnos, aproximadamente uno cada 5 minutos, distribuidos exponencialmente. Cuando un alumno termina el examen práctico, es evaluado por alguno de los profesores adjuntos y luego, si aprueba, pasa a rendir el examen teórico con el titular de la cátedra, el cual tarda 5 minutos en evaluar a cada alumno.

Luego de 2hs de iniciada la parte práctica, se da por terminada la misma, y los alumnos que no finalizaron, son automáticamente aplazados. De los alumnos que si finalizan, aprueban la parte práctica el 80%, y de estos últimos, el 50% aprueba la materia.

Cuál es el tiempo promedio de examen desde que inician el práctico hasta que terminan el teórico, los alumnos que son aprobados? (Se presentaron a rendir 10 alumnos)

Nota: Hay dos profesores adjuntos, y cualquiera de los dos demora 5 ± 2 minutos en evaluar la parte práctica de un alumno.

MATERIA: SIMULACIÓN

44. Un redireccionador/analizador de paquetes de una red informática tiene 3 buffers especiales para chequear información. Los paquetes llegan al redireccionador con un tiempo medio de 0,5 milisegundos, con una desviación estándar de 0,1 milisegundos.

En el 35% de los paquetes, se tarda 1,3 milisegundos en analizarlo y direccionarlo, en el 30% de los paquetes se tarda 2,5 milisegundos en analizarlo y direccionarlo; y en el resto se tarda una cantidad de milisegundos que responde a una distribución exponencial negativa de media 2 milisegundos.

Cada buffer puede albergar a dos paquetes, si todos los buffers están ocupados, el paquete llega al redireccionador/analizador y continua por la red sin ser analizado pero si redireccionado correctamente, operación ésta, que se hace instantáneamente a los fines prácticos.

45. A un centro de salud, llegan pacientes solicitando turno, con una distribución exponencial negativa (media: 3 minutos). En la mesa de turnos hay un empleado que realiza la atención demorando entre 1 y 3 minutos uniformemente distribuidos.

El 45% de los pacientes no tiene obra social, por lo que al ser atendidos, se les informa en diez segundos que deben pasar por la cooperadora a abonar la consulta, donde los atiende una persona que emplea para ello entre 0,8 y 2,4 minutos (uniforme), para luego volver a la mesa de turnos donde, sin volver a hacer la cola anterior, espera que el empleado la atienda. El empleado de mesa de turnos lo atenderá apenas termine con el paciente que lo tiene ocupado en ese momento, siempre y cuando no haya esperando una de las llamadas telefónicas que llegan cada tres minutos. Dichas llamadas a la única línea existente son para reservar turnos y duran entre 0,5 y 1,5 minutos (uniforme).

Simular comenzando con cuatro pacientes esperando para sacar turno, dos esperando pagar la consulta y faltan dos minutos para la siguiente llamada. Determinar:

- Cuántas llamadas se pierden por estar la línea ocupada?
- Determinar el tiempo promedio de espera en cola.

46. El departamento de tránsito de la ciudad de Chumbicha desea simular el cruce de las calles Colón y Urquiza desde las 8 a las 10 horas, para obtener las estadísticas pertinentes. Ambas calles son de una sola mano. Por Colón circula un auto cada 3 seg. ± 1 seg. entre las 8 y las 9 hs. y un auto cada 2 seg. $\pm 0,5$ seg. entre las 9 y las 10 hs. Por Urquiza circula un auto cada 1 seg. ± 1 seg. durante las dos horas.

El semáforo que allí se encuentra tiene la programación siguiente: el verde permanece durante 40 seg. para los que circulan por Urquiza, el amarillo 10 seg. y el rojo 30 seg. Cuando el semáforo se pone en verde, el tiempo de cruce es de 3 seg. $\pm 0,5$ seg. y pueden cruzar hasta 4 vehículos simultáneamente. Para los que circulan por Colón, el verde dura 20 seg., el amarillo 10 seg. y el rojo 50 seg., y pueden cruzar hasta 3 vehículos simultáneamente (el tiempo de cruce es de 4 seg. ± 1 seg.).

En ambos sentidos, cuando el semáforo se pone en amarillo, ningún vehículo puede comenzar a cruzar.

Simule el sistema durante las 2 hs. para 100 días y obtenga el tiempo promedio de permanencia de los autos en el sistema, suponiendo que al inicio de cada período (las 8 de cada día), existe el mismo estado en que terminó el día anterior (a las 10 hs.).

47. Una playa de estacionamiento tiene 20 sectores para estacionar (todos de igual dimensión). Los coches llegan a la playa con un índice entre llegadas de 13'. El 45% de los coches son automóviles pequeños, el 25% automóviles grandes y el 30% utilitarios. Independientemente del tipo de coches, el 50% estaciona 1 hora, el 30% 2 horas, el 15% por 3 horas y el resto 4 horas. Si la playa se llena, los autos que llegan no ingresan, siguen de largo y no regresan (un cartel indica el estado de la playa). La calle es angosta y muy transitada, por lo que ningún auto puede detenerse en la misma. El cobro se efectúa al final del período de estacionamiento. El tiempo de cobro es de 2'.

Una vez que el auto abandona la zona de cobro, abandona la playa, solo después de esto, otro auto puede ubicarse en la zona de cobro para abonar el importe del estacionamiento. Si un auto esta en zona de cobro pueden ingresar otros autos a la playa.

- Efectuar el modelo estático y dinámico.
- Efectuar la simulación para 1000 hs.

MATERIA: SIMULACIÓN

- c) ¿Cómo determinaría la recaudación de la playa si un auto pequeño paga \$1 c/hora, un auto grande \$1,2 y un utilitario \$1,5?
- d) ¿Durante qué período efectuaría la simulación, si desea conocer el comportamiento de la playa?
- e) ¿Cuántos experimentos de simulación haría para obtener una respuesta confiable?. De explicaciones.

48. En la fábrica de moldes, varios ensambladores comparten los hornos. Un ensamblador utiliza $30' \pm 5'$ uniformemente distribuido para ensamblar el molde crudo. Si hay un horno libre, mete el molde crudo y lo cuece, para lo cual se necesitan $8' \pm 3'$ (uniformemente distribuido). Si un horno no está libre, el ensamblador espera en la cola hasta que lo esté. Mientras espera en la cola y mientras se cuece el molde, no hace nada. Los ensambladores reciben \$3,75 por hora y cada horno cuesta \$80 diarios, tanto si se utiliza como si no se utiliza. La ganancia por molde es de \$5, pero el mercado no acepta más de 275 diarios. Constrúyase un modelo para simular este sistema, pruébense diversas combinaciones de ensambladores y hornos buscando el número de unos y otros que hagan aumentar al máximo las ganancias diarias.

49. La Transporte Aéreo Urgente envía carga cargamentos del aeropuerto A al B. Durante las horas de tráfico más intenso, los aviones llegan al espacio aéreo del aeropuerto B de un modo que, según se ha determinado, se aproxima a una distribución normal con media 31/3 minutos entre llegadas y una desviación estándar de un minuto. Con buen tiempo, los aviones pueden aterrizar en el aeropuerto B a razón de 30 por hora con una distribución de Poisson. En caso de mal tiempo solo aterrizan 20 aviones por hora. Cuando un avión que espera en el espacio aéreo de B, llega a su reserva mínima de combustible para el aterrizaje, se le permite que tome tierra sin esperar su turno, sin embargo, se controla a la compañía para que los aviones no dependan de esa regla de prioridad al cargar combustible, antes de su salida hacia el aeropuerto B. Se desea saber ¿qué cantidad de combustible, medido en horas de vuelo, por encima de la reserva mínima de aterrizaje deben tener sus aviones al llegar al espacio aéreo del aeropuerto B en espera de su turno de aterrizaje con buen tiempo y cuánto con mal tiempo?, con el fin de que no tengan que recurrir a la prioridad de aterrizaje inmediato en más del 5% de las veces?

50. Sea un lugar de inscripción a exámenes para alumnos de la UNVM, existen 5 equipos para inscribirse y la inscripción demora de 5 a 8 minutos uniformemente distribuida. Los alumnos llegan para inscribirse con una distribución exponencial negativa de media 2' y desviación estándar 30". Cada 1 hora $\pm 3'$ llega una persona de sistemas que hace mantenimiento preventivo a cada computadora, empezando por la primera que este libre (si hay varias, elige cualquiera), luego a otra y así sucesivamente, demorando un tiempo en cada equipo que responde a una normal media 3' y desv. estándar 10". Tiene prioridad sobre los alumnos. Si un alumno llega y hay más de 4 alumnos esperando, se va y regresa a la media hora. Determine el % de alumnos que se van para regresar más tarde. Determine la capacidad de inscripción del sistema por hora en promedio (y por máquina), simulando 90 hs.

51. A un peaje llegan vehículos respetando una distribución exponencial negativa con media = 2' y desviación estándar 1', con la siguiente probabilidad de tipo de vehículo, de tiempo de atención y costo del peaje:

Categoría	1	2	3	4	5
Probabilidad de vehículo	0,1	0,5	0,15	0,15	0,1
Tiempo de atención	30"	50" \pm 5"	1' 10" \pm 15"	1' 50" \pm 20"	3' \pm 30"
Costo del peaje	0	3	6	9	12

MATERIA: SIMULACIÓN

Si la cola supera los 4 vehículos se habilita una nueva cabina de cobro, cuando no hay cola se la deshabilita (siempre hay por lo menos una cabina habilitada), no hay límite en la posibilidad de habilitar cabinas.

Determine:

- ¿Número promedio de cabinas habilitadas en función del tiempo?
- ¿Monto recaudado en 100 horas?
- Porcentaje de tiempo en que tengo cada cantidad de cabinas habilitadas.
- Número máximo de cabinas habilitadas.

52. Hay una máquina expendedora de gaseosas con tres tipos A, B y C. Posee inicialmente un stock de 40 A, 20 B y 20 C (capacidad total 80 latas). Las personas llegan a consumir cada $2' \pm 1'30''$ y eligen A (55% de las veces), B (35%) y C (10%). Si quiere una gaseosa determinada y no hay en el 50% de los casos se van, y en el resto eligen otra al azar. La máquina demora en despachar a un cliente $3' \pm 30''$.

Cada 12 horas ± 1 hora llega un repositor que tiene prioridad sobre las personas que quieren servirse. Repone la cantidad de gaseosas de cada tipo faltantes. Si existe alguna gaseosa que no tenga stock y hay alguna otra que tenga más del 50% del stock inicial, modifica la cantidad de cada una en un módulo de 10 gaseosas (si las otras 2 gaseosas están en dicha condición, selecciona la que tenga más gaseosas, si son iguales, cualquiera). Demora en reponer 10', más 10" por gaseosa a incorporar, y si cambia cantidades sumar 2' y además 10" por cada gaseosa que retire (si retira).

- Determine la probabilidad de que el repartidor tenga que cambiar la cantidad de gaseosas de cada tipo.
- Determine la probabilidad de que una persona no encuentre la gaseosa deseada.
- Determine la probabilidad de que una persona se vaya sin gaseosa.

53. A un conocido banco de la ciudad, que opera con el Banco Central, llegan personas con una distribución exponencial negativa (una persona por minuto) para comprar y vender dólares estadounidenses. El 60% de las personas viene a comprar dólares, y el resto a vender.

El banco habilitó dos cajas para vender dólares a las personas, y una caja para comprar dólares de las personas. La caja que compra dólares demora entre 1 y 2 minutos distribuidos uniformemente para atender a cada persona, mientras que las cajas que venden, demoran $1' \pm 0,5'$ con distribución uniforme.

Todas las personas que compran, vienen a comprar u\$s 500, y los que venden, venden entre 500 y 1000 u\$s (distribución uniforme). Una vez que realizan la compra / venta las personas se retiran del banco.

Si las reservas en dólares del banco, llegan a un nivel igual o inferior al 50% del nivel de apertura, el banco sube el precio de venta del dólar en 10 centavos, con lo que la mitad (de ser un número impar se redondea para abajo) de las personas que están en cola para comprar dólares, se retiran del banco, y además la mitad de las personas que entran al banco a comprar, se van sin hacer cola al ver que la cotización subió.

En cambio, si las reservas en dólares llegan a un nivel igual o superior al 125% del nivel de apertura, el banco vuelve al precio de apertura del dólar (si es que el mismo estaba en alza), con lo que se normaliza la llegada de personas a comprar dólares.

El banco abre el mercado de cambio con una reserva de 5000 dólares, (comprados al Banco Central a 3,40 c/u), y establece un precio de compra de 3,35 y un precio de venta de 3,45.

¿Cuánto gana el banco por las operaciones de cambio? (Realizar 20 líneas de vector de estado).

54. Reparaciones Limited administra un servicio de reparaciones y mantenimiento de una flota de camiones.

Los camiones que llegan a la planta ingresan a uno de ocho zonas de servicio, dependiendo del tipo de servicio que necesiten.

El servicio se da en orden de llegada y sólo se puede atender a un camión a la vez en cada zona de servicio.

MATERIA: SIMULACIÓN

Estas funcionan en forma independiente entre sí, aunque a veces es necesario que los camiones después de salir de una zona de servicio, ingresen a otra antes de abandonar por completo la planta. Se conocen los siguientes datos:

Zona de Servicio	1	2	3	4	5	6	7	8
Índice Medio entre llegadas (horas)	0,43	0,16	0,14	0,1	0,09	0,08	0,05	0,05
Índice Medio de servicio (horas)	2	5,8	6,2	6,1	10,9	11,2	9	18,7
Desviación Estándar asociadas al tiempo de servicio (horas)	1,1	3,1	2,7	6,1	5,2	3,9	5,8	13

Realice un modelo de simulación de la compañía.

La administración de la empresa espera que la demanda en el sistema aumentará en los próximos seis meses y desea predecir cuando llegarán a ser inadecuadas sus instalaciones.

La empresa puede aceptar sobrecargas ocasionales, rentando espacio en propiedades vecinas para los camiones en espera de recibir servicio; sin embargo, la administración cree que será tiempo de extenderse cuando la demanda alcance un nivel en el que sus propias instalaciones sean inadecuadas más del 20% del tiempo.

En la actualidad, Reparaciones Limited está equipada para recibir 85 camiones en espera de servicio. Si, como lo prevé la administración, el índice medio de llegadas a cada una de las 8 zonas de servicio aumenta a razón de 0,24% por semana, ¿en cuántas semanas la empresa deberá ampliar sus instalaciones de espera?.

55. Buques tanques arriban periódicamente a un puerto y descargan su carga en tanques costeros. Cuando un tanque costero se completa, el contenido es transferido automáticamente a la refinería. Mientras esta transferencia sucede, el tanque costero no puede ser llenado por el buque tanque. La tasa de llegadas de buques responde a una exponencial negativa de media 0,125 hs., el tiempo de encendido de bombas es una constante de 0,5 hs., la tasa de bombeo una constante de 10000 Tn por hora, la tasa de descarga es una constante de 4000 Tn por hora, la carga de los buques tanques es de 15000, 20000 o 25000 Tn con igual probabilidad, el volumen del tanque costero es de 70000 Tn.

Correr el modelo para 1000 hs., ininterrumpidas con cinco tanques costeros. Tomar como condiciones iniciales que 2 tanques costeros están libres y vacíos. Uno está descargándose y se desocupará a la hora ocho y los otros dos están siendo cargados y se liberan a la hora 12 (con 45000 Tn libres) y hora 3,5 (con 25000 Tn libres) respectivamente. El primer buque tanque llega a la hora 0.

56. Una fábrica continua de galletitas posee cuatro silos de acopio de harina. Los silos tienen una capacidad de 20 Tn. y son llenados desde una playa de descarga por un tubo aspirador. La playa de descarga posee un solo lugar de descarga (tubo aspirador). Sólo se descarga harina en silos que no suministran harina a la planta en ese momento. La planta se abastece de un solo silo por vez, en lotes de media Tn por hora. Cuando un silo agota su carga la planta se abastece de otro, siempre que no esté siendo llenado por el tubo aspirador. Si la descarga de una parte de la carga de un camión, completa la capacidad del silo, se efectúa una descarga del resto en otro silo que admita carga, luego de 1/6 de hora de preparación.

Camiones: 10 y 12 Tn. (con igual probabilidad), Tasa de llegada de camiones: 1 de 5 hs. a 9 hs. (uniforme), tasa de descarga: 5 Tn., por hora.

57. Una fábrica de manufacturas consiste en cinco grupos de máquinas, con tres, dos, cuatro, tres y una máquina idénticas, respectivamente. Considere que los trabajos llegan a la fábrica con un tiempo medio de llegada de 0,25 hs. (Poisson). En la fábrica se realizan tres tipos de manufacturas con probabilidad de ocurrencia de 0,3 – 0,5 y 0,2 respectivamente. Cada manufactura requiere de una serie de tareas diferentes para ser confeccionada; cada tarea debe ser hecha por maquinaria determinada y en un determinado orden. Las rutas diferentes para cada tipo de manufactura son las siguientes:

MATERIA: SIMULACIÓN

Tipo de Manufactura	1	2	3
Secuencia de grupo de máquina	3 – 1 – 2 - 5	4 – 1 – 3	2 – 5 – 1 – 4 - 3

De esta forma, una manufactura del tipo dos primero debe realizar la tarea cuatro, luego la uno y por último la tres. Si una manufactura llega a un grupo de máquinas y están todas ocupadas, espera en cola hasta que alguna máquina del grupo se desocupe. El tiempo utilizado para ejecutar una tarea por una máquina es aleatorio con un valor medio que depende del tipo de manufactura. Los tiempos medios de servicio para cada tipo de tarea son los siguientes:

Tipo de Manufactura	1	2	3
Tiempo Medio de Servicio para cada tarea (en hs.)	0,5 – 0,6 – 0,85 – 0,5	1,1 – 0,8 – 0,75	1,9 – 0,25 – 0,7 – 0,9 - 1

Se desea conocer en que grupo de máquinas es necesario agregar una nueva máquina para mejorar la producción. Determinar la mejora esperada en la producción de la fábrica.

58. Un parque de diversiones tiene 7 juegos diferentes: vuelta al mundo, gusanito, autos chocadores, tiro al blanco, carrera de autos, tasas voladoras y tren fantasma. Los asistentes deben obtener un boleto para acceder al parque en una ventanilla exterior al mismo. En el interior, para cada juego también existe una boletería. La compra de boletos demanda un tiempo de 40" + 2" por boleto y la duración de cada juego es:

Número	Juego	Duración	Asientos	Tiempo detenido
1	Vuelta al Mundo	6'	20	6'
2	Gusanito	7'	26	2'
3	Autos Chocadores	5'	11	3'
4	Tiro al Blanco	8'	3	-
5	Carrera de Autos	6'	5	2'
6	Tasas Voladoras	7'	14	3'
7	Tren Fantasma	4'	10	2'

Los grupos de asistentes arriban al parque según una distribución de Poissón con un tiempo medio entre llegadas de un minuto por grupo y una cantidad de integrantes de cada grupo dada por la siguiente tabla:

Personas por grupo	1	2	3	4	5	6	7
Probabilidad por cliente	0,07	0,15	0,21	0,24	0,19	0,11	0,03

Los asistentes en el parque no siguen un orden en particular para tomar los juegos y cada uno utiliza en su visita al parque entre uno y siete juegos, la siguiente tabla da la probabilidad de que un determinado asistente tome una determinada cantidad de juegos:

Cantidad de juegos	1	2	3	4	5	6	7
Probabilidad por cliente	0,07	0,14	0,21	0,23	0,17	0,12	0,06

Los juegos tienen una demanda que esta expresada por la siguiente tabla (considere la probabilidad de que un mismo juego sea reutilizado por cualquier asistente que ya lo ha utilizado):

Juego	1	2	3	4	5	6	7
Probabilidad por cliente	0,20	0,12	0,18	0,16	0,15	0,07	0,12

Considere que los miembros de un determinado grupo se separan después del primer juego. Efectuar la simulación para 100 días en forma ininterrumpida.

MATERIA: SIMULACIÓN

59. Un supermercado tiene una sección con góndolas de mercadería para el autoservicio de los clientes y secciones de verdulería, carnicería y panadería atendidas cada una por un único empleado. Todas las compras efectuadas en cada una de estas tres últimas secciones son consideradas como un solo artículo por sección. En la sección góndola, el número de artículos por cliente está dado por la siguiente tabla:

Cantidad de artículos	1	2	3	4	5
Probabilidad por cliente	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3

A su vez las góndolas solo pueden admitir hasta un máximo de 50 clientes en forma simultánea. Los tiempos de atención de cada una de las secciones están dados en la siguiente tabla:

SECCION	Verdulería	Carnicería	Panadería	Góndola	Caja
Tiempo	2'	3'+1'	3'	1' por art.	1'+20" por art.
Distribución	POISSON	UNIFORME	CONSTANTE	CONSTANTE	CONSTANTE

Los clientes llegan al supermercado con un tiempo medio de llegadas de 30 segundos según una distribución Poisson y efectúan los recorridos descritos en la siguiente tabla:

Recorrido	V-P	V-C-G	P	C-P-G-V	G
Probabilidad por cliente	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2

Luego todos los clientes deben pasar por alguna de las 3 cajas habilitadas. La caja uno llamada "caja rápida" puede ser utilizada por aquellos clientes que llevan hasta un máximo de tres artículos. Determinar cuántos clientes en promedio, atiende el supermercado en 8 hs. (simular como mínimo 1000 hs.).

60. Un museo de arte consta de cuatro salas A, B, C y D y un pasillo distribuidor amplio. Los visitantes ingresan por la sala C y pueden efectuar a partir de allí recorridos diferentes; el 60% recorre solamente las salas C y D; el 20% recorre todas las salas según la siguiente secuencia C – A – B y D y el 20% restante las salas C – A y D. La capacidad de cada sala y el tiempo de recorrido de la misma son los siguientes:

SALA	CAPACIDAD	Tiempo de recorrido	Distribución asociada
A	40	$T_m = 30'$ $D_s = 5'$	Normal
B	40	$T_m = 25'$ $D_s = 4'$	Normal
C	100	$3' \pm 15'$	Uniforme
D	100	$2' \pm 16'$	Uniforme

En cada sala se expone un estilo de arte diferente. Los visitantes llegan al museo con distribución exponencial con tiempo medio entre llegadas de 5' y con un lote de llegada que responde a una distribución Poisson de media 3 visitantes por llegada.

- ¿Cuál será el número máximo de personas en cola en la entrada del museo?
- ¿Cuántas personas pueden visitar el museo en 10 hs.? (simule como mínimo 1000 hs.).

61. Llegan clientes a solicitar un servicio siguiendo una distribución exponencial con una media de 5 min/persona. Hay una sola cabina de atención a los clientes; el tiempo de atención sigue una distribución uniforme con una media de 9 min/persona y una desviación estándar de 1.5 min/persona. Si la persona lleva más de 20 minutos esperando a ser atendida, saldrá de la fila y regresará al cabo de una hora a intentarlo de nuevo. Además, las personas que se han retirado de la fila y han regresado, vuelven con una prioridad de atención, es decir, serán atendidas primero que aquellos clientes que lo intentan por primera vez. Si el cliente, después de regresar, vuelve a esperar 20 minutos a ser atendido, se retirará y no volverá. Además, si hay diez personas en espera, los clientes que llegan se retirarán inmediatamente.

MATERIA: SIMULACIÓN

- a) ¿Cuántos clientes atendidos en diez (10) horas?
- b) ¿Cuántos se pierden por la tardanza en el servicio? (los que vuelven y se van de nuevo)
- c) ¿Cuántos se pierden por exceso de fila?

62. En un supermercado pequeño (si, otro supermercado) del centro de la ciudad, hay dos cajas. En condiciones normales, hay un solo cajero atendiendo, en la caja 1, pero si en cualquier momento se forma una cola de cinco personas, otro de los empleados que generalmente acomoda góndolas, se ubica la caja 2, y ayuda al cajero de la caja 1, hasta que no queden clientes para ser atendidos. Cuando el cajero 2 empieza a atender, los dos últimos clientes de la cola en caja 1, se cruzan a la caja 2. Los clientes que llegan a las cajas mientras hay 2 cajeros atendiendo, se ubican en la caja de menor cola. De haber igual cantidad en ambas colas, van por defecto a la caja 1. Cualquiera de los dos demora entre 0,5 y 1,5 minutos para atender a un cliente, con distribución uniforme. Al momento de pagar, 1 de cada 5 clientes lo hace con tarjeta, agregándole 2 minutos al tiempo de atención de un cajero.

Caso A

Si los clientes llegan a las caja con una distribución exponencial negativa de media 1 minuto, ¿cuál es el tiempo promedio de atención para los primeros 10 clientes?

Caso B

Si los clientes llegan al supermercado con una distribución exponencial negativa de media 2 minutos, y demoran recorriendo las góndolas entre 1 y 3 minutos, distribución uniforme, y luego van a las cajas, ¿cuál es el tiempo promedio de permanencia de los clientes, durante 30 minutos de simulación?

63. Un kiosco ubicado en Cañada y Duarte Quirós, es atendido por dos personas, el dueño y un ayudante. El kiosco vende todo tipo de golosinas, bebidas frías y también comidas rápidas como lomitos, hamburguesas, sandwiches, etc. El dueño atiende el mostrador que da a la calle vendiendo golosinas y bebidas frías, y el ayudante permanece en la cocina preparando las comidas rápidas. Los clientes llegan con una distribución exponencial negativa de media 5 minutos, y la mayoría (un 80%) viene a comprar golosinas o bebidas, el resto comidas rápidas. El dueño demora entre 0,5 y 2 minutos uniformemente distribuidos en atender (entrega y cobro) a las personas que compran golosinas o bebidas, y en el caso de las personas que solicitan comidas, demora 6 segundos en transmitirle el pedido al ayudante. El ayudante demora entre 5 y 10 minutos en preparar una comida, pero puede preparar varios pedidos distintos al mismo tiempo. Las personas que esperan comidas se retiran cuando sus pedidos están listos.

Si el ayudante está ocupado preparando comidas y no hay clientes nuevos en el mostrador de la calle, el dueño va a la cocina a ayudar con las comidas, con lo que se reducen en un 50% los tiempos de preparación de las mismas mientras el dueño ayude. El dueño permanece en la cocina hasta que llegue un nuevo cliente, o hasta que se procesen todos los pedidos de comidas.

Se necesita saber el porcentaje de tiempo ocioso del ayudante, y el porcentaje de tiempo que el dueño permanece en cocina y en el mostrador de calle.

64. Barcos llegan a un puerto con tiempos entre llegadas que respetan una distribución exponencial negativa con una media entre llegadas de 1,25 días.

El puerto contiene un dique con dos amarraderos y dos grúas para descargar los barcos. Los barcos que llegan cuando ambos muelles están ocupados esperan en la bahía.

El tiempo que emplea una grúa en descargar un barco está uniformemente distribuido entre 0,5 y 1,5 días. Si solo un barco está en el puerto, ambas grúas descargan el barco y el tiempo de descarga se divide por la mitad.

Cuando los dos barcos están en el puerto, una grúa trabaja con cada barco. Si ambas grúas están descargando un barco, cuando un segundo barco llega, una de las grúas inmediatamente comienza a descargar el barco recién llegado y el tiempo de descarga del primero se duplica.

MATERIA: SIMULACIÓN

Asuma que el puerto está vacío al comenzar la simulación. Corra el modelo 90 días y estime el mínimo, el máximo y el valor medio de tiempo de permanencia de barcos en la bahía. Estimar el grado de utilización de cada muelle y de cada grúa.

65. De haber habido elecciones presidenciales, este domingo la terminal de ómnibus de la ciudad de Córdoba hubiera sido un infierno. Escenario posible:

Al mediodía, a la boletería del “Expreso Ciudad de San Francisco”, comienzan a llegar 2 personas por minuto, con una distribución exponencial negativa. Hay dos empleadas vendiendo pasajes, y cada una demora un minuto en emitir un pasaje.

Las personas forman dos colas: una para recibir el pasaje gratuito (70%) , y otra para los que pagan el pasaje (30%), estos últimos tienen prioridad para recibir asientos. Cada empleada se encarga de una cola.

Si la empleada que emite los pasajes gratuitos en cualquier momento llega a tener 4 personas en cola, un auxiliar la ayuda durante 2 minutos por única vez, y luego vuelve a sus tareas. Con el auxiliar ayudando, la empleada reduce un 50% su tiempo de servicio.

Inicialmente, hay 2 personas en cola y una siendo atendida para pasajes gratuitos (termina en 0,75 minutos), mientras que la vendedora de pasajes pagos está desocupada.

En 0,5 minutos va a llegar una persona a la ventanilla.

Simular durante 4 minutos, y establecer el tiempo ocioso de la empleada encargada de los pasajes pagos.

66. Llegan autos a un lavadero con una distribución exponencial negativa de media 10 minutos.

Cuando los autos llegan, un empleado quita las alfombras (QA) y las deriva al área de aspirado (AA). Si el operario QA ya está ocupado quitando alfombras, los autos deben esperar a que se desocupe.

Las carrocerías son derivadas al área de lavado y secado (LS), la cual tiene lugar para lavar dos autos a la vez.

Las carrocerías que son derivadas a LS deben esperar si los dos lugares están ocupados. Lo mismo sucede con las alfombras si el AA está ocupada.

Una vez que la carrocería ha sido lavada y secada, un operario (PA) coloca las alfombras correspondientes si es que ya han sido aspiradas, sino espera a que la operación se realice.

Las alfombras que han sido aspiradas antes que su correspondiente carrocería haya sido lavada y secada, deben esperar a que esto ocurra.

Los tiempos de proceso de cada sección son: QA 2 minutos, AA $U(3;5)$ minutos, LS Normal (8 ± 3) minutos, PA 3 minutos.

67. En un consultorio hay un médico que atiende dos tipos de pacientes:

- Consultas: su llegada se da cada 30 minutos, con una distribución exponencial negativa. El tiempo de atención de una consulta sigue una distribución uniforme en el intervalo (10,20) minutos.
- Urgencias: cuya llegada también es una distribución exponencial con una media de dos pacientes cada 3 horas. El tiempo de atención de una urgencia se distribuye uniforme en el intervalo (15,30) minutos por paciente.

Si llega un paciente con una urgencia y el médico está atendiendo una consulta, la suspende y atiende la urgencia; apenas termina con la urgencia continua con la consulta pendiente.

Efectúe una simulación de 10 eventos y establezca el porcentaje de urgencias atendidas, con respecto al total de pacientes.

68. En una sala de urgencias se atiende a enfermos y/o lesionados.

Un enfermero se encarga de determinar el estado de gravedad de la persona que llega (tardando 10 ± 7), derivándola luego a la sala de espera donde el paciente espera para ser atendido.

Los casos detectados por el enfermero pueden ser urgentes (40%) o comunes (60%).

MATERIA: SIMULACIÓN

Los pacientes entran en la sala de primeros auxilios cuando hay uno de los dos médicos libres o cuando es un caso de urgencia y en la sala hay algún caso común (es este caso, se interrumpe la curación del caso común para atender al urgente).

Llegadas de enfermo y/o lesionado cada $5' \pm 3'$.

Tiempo de atención de pacientes $10' \pm 4'$.

Determinar:

- Cola máxima de pacientes (urgentes y comunes).
- Tiempo máximo de espera para un paciente urgente.
- Tiempo promedio de espera para un paciente común.

69. Una máquina tiene una pieza que se rompe cada $400' \pm 150'$ (distribución uniforme). La máquina es atendida por un operario quien también repara las piezas. El tiempo de reparación varía entre $400'$ y $1200'$. Cuando la máquina se rompe el operador desmonta la pieza, y la reemplaza por una arreglada (de $10'$ a $30'$ si hay disponible). Cuando no está ocupado cambiando piezas el operador repara piezas rotas.

Si la máquina se rompe durante una reparación y hay piezas disponibles, el operador suspende la reparación, reemplaza la pieza defectuosa y continúa la reparación. Antes que la pieza reparada pueda ser usada debe pasar por un tratamiento especial que dura $10' \pm 2'$ (distribución uniforme), y se realiza sin intervención del operador.

Al iniciar la simulación hay 2 piezas de repuesto reparadas.

70. Una casa de reparaciones de zapatos tiene un solo empleado, que se encarga de recibir y entregar los pedidos y de efectuar las reparaciones. Todos los clientes del zapatero llevan un solo par de zapatos por vez. La probabilidad de que un cliente efectúe un retiro de zapatos o efectúe un pedido de reparación son iguales.

El tiempo medio entre llegadas de clientes es de uno cada 20 minutos (exponencial negativo). El empleado demora en atender a un cliente entre 2 y 4 minutos, y en efectuar una reparación entre 7 y 23 minutos.

Cada vez que el empleado debe atender un cliente deja la reparación que está efectuando para reanudarla cuando todos los clientes han abandonado la zapatería.

El zapatero recibe pedidos desde las 8hs hasta las 16hs, luego de lo cual solo efectúa reparaciones.

Considere que la zapatería tiene 10 pares que ya han sido reparados al comenzar la simulación. Si un cliente no puede retirar su pedido porque no hay zapatos reparados en ese momento, se va (el modelo supone que regresa en una llegada posterior).

Determinar el tiempo promedio de reparación de los zapatos (incluyendo todas las reparaciones).

71. Se desea simular el funcionamiento de un laboratorio de arreglo de computadores. Las a ser arregladas llegan con una distribución uniforme entre 30 minutos y 1 hora y media. Existen dos técnicos que arreglan equipos. Si cuando llega un equipo ya hay tres esperando, es derivado a otro laboratorio. Los arreglos a realizarse a los equipos responden a la siguiente tabla:

Trabajo	A: Cambio de placa	B: Ampliación de memoria	C: Formateo de disco	D: Agregar CD o DVD	E: Cambio de memoria
Probabilidad	0.3	0.25	0.15	0.1	0.2
Tiempo	2 hs.	1 h.	3 hs.	1 h.	1h. 30m.

En todos los casos el tiempo indicado es la media de una distribución uniforme con 5 minutos de amplitud del intervalo en más y 5 minutos en menos.

En el caso del trabajo C, luego de 15 minutos, el técnico puede dejar el equipo solo, hasta que falten 15 minutos, luego debe dedicarle esos 15 minutos restantes.

Determinar:

- Promedio de permanencia en el laboratorio de un equipo.
- Porcentaje de equipos que no pueden ser atendidos en el laboratorio.
- Porcentaje de ocupación de los técnicos del laboratorio.

MATERIA: SIMULACIÓN

72. Una mecanógrafa presta sus servicios a tres (3) directivos diferentes. La tasa de llegadas es independiente desde cada uno de los directivos que envía trabajos a mecanografiar (en todos los casos es exponencial con media de 4 trabajos por hora). Para todos los trabajos su tiempo de servicio tiene una distribución uniforme entre 5 y 10 minutos por cada trabajo a mecanografiar.

La mecanógrafa es la secretaria privada del directivo N°1, por lo tanto sus trabajos tendrán prioridad sobre los demás directivos, por lo que dejara pendiente cualquier trabajo que estuviera realizando, si este correspondiera a alguno de los demás directivos, para completar las actividades que correspondan al directivo N°1.

De los trabajos que está mecanografiando, en el 6% la mecanógrafa detecta, a la mitad del tiempo de servicio para completar el mecanografiado, que la persona que lo escribió lo ha hecho con errores, y deberá corregirlo. Para la corrección, que se hace inmediatamente, se demoran 5 minutos (constante) y durante ese tiempo la mecanógrafa estará esperando que lo devuelvan para completar su mecanografiado (el tiempo de mecanografiado no se incrementa, solo se completa la mitad restante).

El costo de espera (hasta que se inicia el mecanografiado) es de \$8.00 por hora mientras que el servicio de mecanografiado es de \$2.50 por cada trabajo.

Cuando ocurran correcciones, éstas no afectarán la llegada para trabajos posteriores.

- a) Calcular el tiempo de espera promedio para los trabajos.
- b) Calcular el promedio de longitud de la línea de espera
- c) Calcular el promedio de tiempo que los trabajos están en el sistema.

Simular hasta completar 5 trabajos con el mecanografiado completo.

73. Un diario tiene una oficina de recepción de avisos telefónicos, integrada por N líneas y M operadores de teléfono. Una llamada es aceptada cada vez que un operador está libre, de otro modo la llamada es mantenida en un sistema de colas. Esto consiste de un arreglo de K llamados. Las llamadas son siempre ingresadas al fondo de la cola. Cuando una llamada ha sido aceptada y completada, el operador permanece un tiempo T completando notas sobre la llamada recibida, luego de lo cual queda libre para aceptar otra llamada de la cola, si existen llamadas en espera o libre esperando una nueva llamada. Si la tasa de llamadas es de 200 ± 50 por hora, los operadores atienden entre 20 y 40 llamadas por hora uniformemente distribuidos (incluyendo el tiempo en que toman nota), determine el número necesario de líneas y de operadores para:

- a) Que se atiendan el 100% de las llamadas.
- b) Que se atiendan el 85% de las llamadas.
- c) Que ninguna de las llamadas en cola esperen más de 10'.

74. Existen dos trasbordadores que unen el continente y una isla. Comienzan a funcionar a las 8 hs. de cada mañana hasta las 20 hs. de cada día (máxima hora de salida desde el continente). Siempre inician el recorrido desde el continente y finalizan el día en el continente. El 1er. trasbordador sale del continente cuando se llena o a las 9 horas (si no hay vehículo subiendo y no hay cola de vehículos), el 2do. sale cuando se llena o una hora después (con las mismas condiciones que el 1ero.). Demoran en cargar cada vehículo $2' \pm 1'$ si es auto y $4' \pm 1'$ si es camión o colectivo. Demoran en descargar un vehículo el 50% menos que para cargar. Demoran en cruzar el curso de agua $1 \text{ hora} \pm 5'$. En todos los demás casos los trasbordadores inician su recorrido cuando se llenan o 1 hora después de su fin de descargar todos los vehículos que trajo (con las mismas restricciones de no hay vehículo subiendo y no hay cola de vehículos).

La capacidad del trasbordador A (el primero que sale) es de 10 autos o su equivalente en camiones-ómnibus (2 autos = 1 camión-ómnibus), y la del trasbordador B es del doble.

La prioridad para ser cruzados está dada por el orden de llegada.

Para cruzar del continente a la isla, los autos llegan de 7:30 hs. a 12 hs. cada $15' \pm 5'$ y de 12 a 19 hs. cada $30' \pm 5'$; los camiones-ómnibus llegan de 7 a 11 hs. cada $20' \pm 3'$ y de 11 a 19:30 hs. cada $2 \text{ hs.} \pm 10'$.

Para cruzar de la isla al continente, de 10 a 18 hs., llegan autos cada $12' \pm 5'$ y los camiones-ómnibus cada $1 \text{ hora} \pm 30'$.

MATERIA: SIMULACIÓN

Cada 5 días un trasbordador (alternados), necesita un mantenimiento que lo deja fuera de servicio de 8 a 13 hs. y se realiza en el continente.

Los vehículos que al fin de un día quedan sin cruzar, son los primeros del día siguiente.

- a) Determine la cola máxima de cada lado en 31 días de simulación comenzando a las 7 hs. del 1er. día.
- b) ¿Cuántos autos en promedio pasan por día en cada sentido?, ¿y cuántos camiones-ómnibus?
- c) ¿Vehículos en promedio tienen que esperar de un día al otro para cruzar de cada lado?

75. En una planta de producción de triciclos existe un Área de Ensamble donde llegan motores y armazones. Luego de un tiempo T_e , de ensamble, los conjuntos pasan al Área de Ruedas donde se agregan las ruedas al vehículo. Los armazones llegan al área de ensamble en forma continua a razón de una cada T_{IA} minutos. Si no hay motores la línea de armazones se detiene hasta que haya motores disponibles (un armazón queda esperando en el área de ensamble por el próximo motor). Los motores llegan al área de ensamble a razón de 5 unidades por partida y cada partida llega con un tiempo entre llegadas de T_{IM} .

Las ruedas llegan al área de ruedas en partidas de 20 unidades, y cada T_{IR} minutos. Las ruedas se agregan al conjunto Armazón-Motor en T_R minutos. Determinar:

- a) Porcentaje de tiempo improductivo por falta de material.
- b) Cantidad de triciclos producidos.

T_e :	10 min cte.	T_{IA} :	10 min cte.
T_{IM} :	$U(30 ; 40)$ min.	T_{IR} :	$N(70 \pm 8)$ min.
T_R :	5 min. Cte.		

76. Un horno de una fábrica de láminas de acero derrite una carga de acero que luego es vertida en un lote de molde. Después de esto el horno se recarga y el ciclo de trabajo se repite. El acero fundido en los moldes se deja enfriar hasta que se forma una corteza sólida en la parte exterior del mismo; de tal forma que se auto-contenga, entonces los lingotes se quitan de los moldes y son puestos en un pozo de remojo donde se calientan hasta que adquieran una temperatura uniforme, mientras tanto, los moldes de limpian y reensamblan para ser regresados al área de horneado. Cuando un lote ha alcanzado la temperatura requerida, este se encuentre listo para el laminado. La laminadora transforma los lingotes en láminas de acero, el producto final de la fábrica. Los hornos tienen una capacidad de 300 toneladas, las que son suficientes para llenar dos lotes de moldes, uno después de otro.

Cada lote de moldes es transportado en su propio carrito (siempre hay 15 moldes en un lote). Después de una colada, cada lote de moldes es desviado a una vía muerta para que los lingotes adquieran la corteza sólida que los auto-contiene. Luego son retirados de la vía muerta por un equipo de desmontadores que llevan los carros al área de remojo donde, con la ayuda de una grúa (hay una reservada para cada equipo), remueven los moldes y despegan los lingotes. Los lingotes esperan el proceso de laminado colocados en un hoyo de remojo. Mientras tanto los desmontadores limpian los moldes, los reensamblan y los ponen otra vez en su carro. El carro es entonces llevado al área de los hornos, y el equipo de desmontadores busca más trabajo.

Los lotes de lingotes son cargados en un hoyo de remojo cuando uno se libera. La carga requiere utilizar una de las tres grúas, la descarga también requiere el uso de una de aquellas grúas, pero para mantener la temperatura de los lingotes, estos son sacados de los hoyos de remojo de a uno a la vez y al ritmo dictado por la laminadora. Así, una vez que una grúa ha sido posicionada para descarga, es retenida y utilizada hasta que el último lingote del lote ha sido descargado, después de lo cual se la libera.

Datos del modelo (tiempos en minutos)

Hornos:

Carga y fundido: Normal, media = 165, desv. = 20

Vertida: constante = 20 por lote

Lote de Lingotes:

MATERIA: SIMULACIÓN

Puesta: constante = 75.

Carga en Hoyo: constante = 15 por lote

Remojo: Normal, media = 160, desv. = 30

Descarga del hoyo: constante = 1 por lingote

Laminado: constante = 3 por lingote

Desmontadores:

Desmontando lotes: Uniforme: entre 10 y 16

Limpieza de moldes: Uniforme: entre 10 y 12

Reensamble de moldes: Uniforme: entre 10 y 12

Carros: 8, Grúas: 3, Hoyos: 10, Laminadoras: 2.

Asuma que hay 4 hornos y dos equipos de desmontadores y todos los movimientos de los carritos tomas un tiempo insignificante. Los hornos comienzan al tiempo 0, 40, 80 y 120 minutos respectivamente. Corra el modelo para 1500 unidades de tiempo. Investigue los efectos de prioridades en el uso de los hoyos de remojo.

77. Un ascensor con capacidad para 6 pasajeros instalado en un edificio torre, realiza un trayecto de ida (sube) y de vuelta (baja) entre la planta baja y la terraza pasando y parando cada U(3;9) minutos por el piso 15. Cada vez que pasa por el piso indicado lo hace en sentido de viaje opuesto al del viaje anterior.

Cuando el ascensor llega al piso 15, abre automáticamente la puerta permitiendo que P de los H pasajeros que viajan en el descendan a razón de D segundos cada uno. Inmediatamente después de que ha descendido el último de los P pasajeros, pueden abordar el ascensor solo los pasajeros que desean viajar en la dirección de movimiento del ascensor. Estos lo hacen de a uno por vez empleando un tiempo A cada uno, y hasta completar la capacidad máxima. Una vez que ha subido el ultimo pasajero que esperaba o que se ha completado el ascensor, este cierra sus puertas luego de un tiempo de espera E y parte en la dirección indicada.

Si mientras el ascensor se encuentra en espera de partir, llega un pasajero para la dirección indicada de viaje y en el ascensor hay lugar, el recién llegado abordará el ascensor (con un tiempo A) luego de lo cual otra nueva espera de tiempo E comienza.

Los pasajeros llegan para tomar el ascensor cada L minutos, y el 70% lo hace para bajar y el resto para subir.

Si el ascensor llega al piso 15 vacío y no hay pasajeros esperando para viajar en la dirección indicada, no se detiene (aunque haya pasajeros para la dirección opuesta).

Determinar el tiempo de permanencia del ascensor en el piso 15.

Datos del modelo:

H: U(0;6)

E: cte. 5 seg.

P: U(0;H)

D: cte. 5 seg.

L: exp(300) seg.

A: cte. 5 seg.

Condiciones iniciales:

El ascensor sube con 5 pasajeros.

Hay 8 pasajeros esperando.

(5 bajan y 3 suben)

78. Llegan personas para sacar entrada a una calesita cada 1 ± 15 (normal) y demoran en hacerlo 20 ± 5 (normal). Luego se trasladan a la calesita demorando en el recorrido 10 segundos. La calesita tiene capacidad para 20 personas y la duración del juego es de 5 minutos.

Cada persona demora en subir a la calesita (luego de que todas las personas que tienen que bajar lo han hecho) 5 segundos. Cada persona demora en bajar de la calesita 3 segundos.

La calesita empieza a girar siempre que no haya cola para subir a la misma o cuando se llena (lo que ocurra primero). Una vez que termina el juego cada persona tiene una probabilidad de 20% de seguir jugando (ya sea porque tiene otro boleto o porque se gana la sortija).

Se pide determinar el tiempo mínimo y máximo de permanencia en el sistema de las personas que juegan una sola vez. Además, el tiempo promedio de permanencia en el sistema de todas las personas.

MATERIA: SIMULACIÓN

79. En campos ubicados en la zona noroeste de la provincia, se almacena el grano húmedo de maíz en silos formados por una bolsa plástica gigante de 60 metros de largo, 2 metros de ancho y 2 de alto. Dicha bolsa se llena con la planta de maíz previamente picada, y luego se cierra herméticamente, para la conservación del silo.

Parece sencillo, pero para la producción del silo se requieren:

- 2 tractores, cada uno con una máquina picadora
- otros 2 tractores (llevan acoplados llenos hacia la embutidora y de vuelta)
- 4 acoplados de carga (recordar eso: hay solo 4 acoplados, no N acoplados)
- La máquina embutidora (la máquina que hace el silo).
- Un empleado, encargado de enganchar y desenganchar acoplados.

El proceso es el siguiente: 2 tractores con una máquina picadora y un acoplado vacío cada uno, salen hacia el potrero sembrado con maíz, y con la picadora, levantan la planta de maíz entera, la planta es triturada y depositada en el acoplado que lleva cada tractor. Cuando alguno de ellos llena el acoplado, vuelve al sector donde se está haciendo el silo, y el empleado desengancha el acoplado lleno, y le engancha otro vacío, y el tractor parte nuevamente hacia el potrero.

Luego el empleado engancha el acoplado lleno que quedó ahí, a cualquiera de los otros dos tractores. El acoplado lleno es llevado hacia donde se encuentra la máquina embutidora, donde será descargado el maíz triturado. Una vez que la máquina embutidora descarga el acoplado, el tractor lleva el acoplado ya vacío, al sector donde está el empleado, quien desengancha el acoplado vacío, el cual queda a la espera de que venga a buscarlo una de las máquinas picadoras, que lo llenará nuevamente.

La máquina embutidora solo puede descargar un acoplado por vez, y tarda en ello $4'30'' \pm 30''$ (distribución uniforme). Los tractores con picadora, tienen una media de 9' (distribución exponencial negativa) para llenar el acoplado con maíz triturado. Cualquiera de los otros dos tractores, demoran un tiempo que no será tenido en cuenta (por lo tanto instantáneo), para llevar el acoplado lleno hasta la embutidora, y traerlo de vuelta, pero cabe aclarar que el tractor permanece con el acoplado, hasta que el mismo termina de ser descargado y aparte, es desenganchado. Recién ahí, el tractor y el acoplado están disponibles nuevamente.

El empleado demora 10" en desenganchar un acoplado, y 20" para engancharlo, independientemente de que sea un acoplado lleno o vacío.

Si hay acoplados vacíos sueltos, las picadoras no pueden estar libres o en espera, deben llevarse ese acoplado y llenarlo. Si hay acoplados llenos sueltos, los otros dos tractores no pueden estar libres o en espera, deben llevar ese acoplado lleno a la embutidora.

El empleado siempre le da prioridad de enganche a las picadoras por sobre los tractores.

Inicialmente el empleado está libre, ya que los tractores con picadora están en el potrero, a uno le faltan 3 minutos para terminar, y al otro 5. Y de los otros dos tractores con acoplado lleno, uno está descargando en la embutidora (que le faltan 4 minutos para terminar), y el otro haciendo cola atrás de éste.

Simular 15 líneas de vector de estado. ¿Cuántos acoplados son descargados?

80. A un polideportivo llegan grupos de deportistas a practicar tres disciplinas: Fútbol, Hand Ball y Basket Ball. El polideportivo cuenta con un predio de piso sintético donde se han marcado las canchas de las tres disciplinas. Solo se puede practicar una disciplina por vez. Cuando se practica Basket Ball el predio permite que dos canchas operen simultáneamente. Los grupos ingresan a la cancha de a uno por vez y en el orden de llegada.

Cuando es el turno de un grupo de Basket este accede a la cancha si hay otro grupo de Basket esperando o si es el único grupo de Basket y no hay grupos de otro deporte esperando. En caso contrario, las otras disciplinas tienen prioridad de uso de la cancha.

Los grupos llegan y permanecen ocupando la cancha según los tiempos indicados en la tabla adjunta. Cada vez que en la cancha se cambia de disciplina deportiva, no empieza la nueva disciplina hasta que no se ha acondicionado la cancha, tarea que demora 10 minutos.

Determinar el tiempo promedio de espera de los grupos, para cada tipo de disciplina deportiva.

Disciplina	Llegadas	Ocupación de cancha
Fútbol	Exp. Neg. 10 hs	Normal 90 ± 10 min
Hand Ball	Normal 12 ± 2 hs	Normal 80 ± 20 min
Basket Ball	Normal 8 ± 2 hs	Normal 100 ± 30 min

MATERIA: SIMULACIÓN

81. El área de control numérico de una PyME cuenta con dos tornos de control numérico (TCN) para realizar 3 tipos de piezas diferentes. Las piezas llegan al área de control numérico desde otras áreas de mecanizado de la empresa, con una frecuencia exponencial negativa de media 200 segundos y una probabilidad de llegada dada por la tabla adjunta.

Cuando las piezas esperan por orden de llegada acceder a un alimentador instalado en cada TCN que tiene capacidad para tres piezas. Las piezas que acceden a los alimentadores prefieren el alimentador que tiene como última pieza a otra de su mismo tipo, si es que hay lugar en el alimentador. El alimentador no produce ninguna demora en abastecer las piezas al TCN.

Cuando el TCN carga una nueva pieza para su maquinado, lo hace en forma inmediata si la pieza procesada anterior fue del mismo tipo que la actual. Sino, una reprogramación de 2 segundos tiene lugar. Cuando la máquina permanece ociosa un instante, es decir, que no tiene ninguna pieza en su alimentador para maquinar, cuando le llegue una nueva pieza, esta tendrá que esperar por la reprogramación cualquiera sea su tipo.

Obtener los tiempos ociosos de los TCN y el tiempo máximo de espera de las piezas.

Pieza	Probabilidad de llegada (%)	Tiempo de mecanizado Normal
1	23	150±2"
2	37	80±3"
3	40	82±1"

82. Se desea simular el funcionamiento de una cantera de tierra y arena a granel. La cantera tiene una retroexcavadora y una pala frontal.

La retroexcavadora tiene dos funciones, carga camiones de arena a granel desde el pozo (demora 2'±0,3' por metro cúbico) o de tierra desde el pozo (demora 4'±0,3' por metro cúbico) o saca arena a granel desde el pozo (demora 0,4'±0,2' por metro cúbico) y la coloca en montones para su uso por la pala frontal.

Mientras haya arena en montones (para el uso de la pala frontal), la prioridad es cargar camiones, si no hay arena en montones, la prioridad es generar montones, salvo que solo haya camiones que quieren llevar tierra (en cuyo caso los carga).

La pala frontal se encarga de cargar camiones de arena a granel desde el montón (demora 0,4'±0,2' por metro cúbico).

Siempre que puedan la retroexcavadora y la pala frontal, no interrumpen la carga de un camión que han empezado a cargar.

Todos los camiones tienen igual prioridad. Los que quieren tierra solo pueden ser atendidos por la retroexcavadora. La pala frontal reemplaza a la retroexcavadora, en las funciones de cargar arena a granel, siempre que puede.

Un 75% de los camiones quiere arena. Las capacidades de los camiones son:

Porcentaje	20	40	30	10
Metros cúbicos	4	5	6	7

Los camiones llegan a la cantera a intervalos de tiempo que responden a una distribución exponencial negativa con $\lambda = 1$.

Cantidad de arena en montones al iniciar: 12 metros cúbicos.

Estado inicial: la retroexcavadora terminará de extraer un metro cúbico dentro de 0,3 minutos. El próximo camión llega en 1 minuto. No hay camiones en la cantera.

- Calcular el número de metros cúbicos cargados en los camiones.
- Determinar el tiempo promedio de espera en cola de los camiones.
- Determinar el tiempo ocioso de la pala frontal, por falta de arena en montones, o por falta de camiones.

83. En una oficina pública se recibirán carpetas con proyectos para el dictado de cursos enviados por institutos de capacitación. Los proyectos pueden ser de hasta 20 hs. o de más de 20 hs; en cada caso son llegadas independientes.

MATERIA: SIMULACIÓN

Las llegadas de los que traen proyectos de hasta 20 hs. tienen una distribución exponencial negativa con media de 3 personas por hora y solo traen un proyecto cada una.

Las llegadas de los que traen proyectos de más de 20 hs. tienen una distribución exponencial negativa con un tiempo promedio entre llegadas de 30 minutos. El 50% de las veces traen 1 proyecto, y el otro 50% traen 2 proyectos.

Para cualquiera de los casos, cuando llega una persona y hay 3 personas esperando en cola, ésta se va sin esperar.

Existe un solo receptor de proyectos y tiene una demora constante de 10 minutos para recibir proyectos de hasta 20 hs. y demora entre 10 y 25 minutos para recibir cada proyecto de más de 20 hs. Solo atiende un proyecto a la vez y es por orden de llegada.

La atención no se detiene hasta que se completa cada proyecto, aunque esta atención puede ser suspendida para ir al baño o a tomar un café (en el caso del café solo si completó la atención de la persona).

Se les permite ir al baño en un horario que está fijado cada 90 minutos a partir del horario de inicio de atención de la oficina. El horario de acceso al baño no se puede modificar, si no se lo toma, se pierde. El 60% de las veces va al baño y demora 5 minutos.

A la hora 9:15 le avisan que en la cafetera el agua para el café está hirviendo (a 100 grados). Sabe por experiencia que cuando se prepara el café, si el agua que se sirve supera los 95 grados, deberá esperar que descienda al menos hasta 85 grados para comenzar a tomarlo, sabiendo que ha podido observar que desde 100 desciende a 95 grados en 4 minutos con una tasa proporcional a la temperatura en que se encuentra.

Va a ir a tomar el café cuando termine de atender a una persona que trae proyectos (recordemos que las personas podían traer uno o dos proyectos).

Si la temperatura del café descendió a menos de 50 grados tardará 5 minutos en calentarlo (lo calienta hasta 85 grados), tiempo en el que no procesa nada.

Desde que comienza a tomar el café hasta que termina demora 15 minutos (constante), momento en el que continúa con la atención al público.

Deberá comenzar la simulación a las 9:00 hs sabiendo que no hay nadie siendo atendido, no existen personas en la cola y en ese mismo instante llega la primer persona con dos proyectos y faltan 5 minutos para que llegue una persona con un proyecto de hasta 20 hs.

(se sabe que comenzaron a atender a las 8:00 hs) Utilizar 2 decimales para el modelo discreto redondeando en la última opción si fuera necesario y al menos 4 decimales para las simulaciones en los modelos continuos con un paso de simulación no mayor a 3 minutos ($h=3$ o menos).

- a) Indicar los eventos del modelo.
- b) Indicar el tiempo promedio de espera para ser atendidas las personas, cantidad máxima de personas en espera, cantidad de personas que se fueron por abandono, y porcentaje de tiempo libre del empleado (no incluir el tiempo para tomar café en el cálculo del tiempo libre)
- c) Simular la llegada de al menos las primeras 5 personas a partir de las 9:00 e indicar la cantidad de proyectos que son recibidos.
- d) Determinar analíticamente y por simulación cuanto tiempo pasará para que la temperatura del agua se encuentre entre 85 y 80 grados (indicar el error encontrado si se utiliza un $h=3$).
- e) Simular el descenso de la temperatura hasta llegar a 50 grados o menos.