

SIMULACION

Guía de TRABAJOS PRACTICOS

EJERCICIO 1

Sistema con un puesto de atención, con su correspondiente cola.

Los clientes llegan al sistema con una frecuencia que responde a una función de densidad de probabilidad (f.d.p.) uniforme entre 0 y 10 minutos.

El tiempo de atención que varía según el trámite entre 10 y 20 minutos, se conoce recién cuando el cliente comienza a ser atendido y responde a una f.d.p. lineal donde $f(20)=2*f(10)$.

Aquellos clientes que al llegar encuentran hasta 4 personas en la cola se quedan, si encuentran hasta 8 se queda sólo el 40% y si encuentran más de 8 se retiran todos.

Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología.

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos. Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo.

c) Fijar las condiciones iniciales tal que el sistema comience a funcionar vacío y en ese momento llegue el primer cliente.

d) Resolver las f.d.p. por el método más conveniente.

e) Obtener los siguientes resultados:

1. Promedio de permanencia en el sistema
2. Promedio de espera en cola
3. Porcentaje de tiempo ocioso del puesto de atención.
4. Porcentaje de personas que se retiraron porque encontraron a 5 personas en la cola con respecto a todas las arrepentidas.

EJERCICIO 2

Sistema con dos puestos de atención en paralelo, cada uno con su correspondiente cola.

Los clientes llegan al sistema con una frecuencia que responde a una función de densidad de probabilidad (f.d.p.) equiprobable entre 0 y 30 minutos y se ubican en la cola con menor cantidad de personas, en caso de igualdad se distribuyen aleatoriamente el 60% a la cola 1 y el 40% a la cola 2.

El tiempo de atención se conoce recién cuando el cliente comienza a ser atendido. Según el trámite varía entre 15 y 35 minutos, y responde a una f.d.p. lineal donde $f(35)=3*f(15)$ (igual para ambos puestos).

Aquellos clientes que al llegar encuentran hasta 2 personas en la cola se quedan, si encuentran 3 personas se queda el 60% y más de 3 el 20%.

Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología.

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos. Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo.

c) Fijar las condiciones iniciales tal que el sistema comience a funcionar vacío y en ese momento llegue el primer cliente.

d) Resolver las f.d.p. por el método más conveniente.

e) Obtener los siguientes resultados por separado para cada puesto de atención:

1. Promedio de permanencia en el sistema

2. Promedio de espera en cada cola

3. Porcentaje de tiempo ocioso de cada puesto de atención.

4. de personas que al llegar encontraron más de dos personas por delante en la cola y se quedaron respecto del total de personas atendidas.

EJERCICIO 3

Sistema con n puestos de atención en paralelo, cada uno con su correspondiente cola.

Los clientes que llegan al sistema se ubican en la cola con la menor cantidad de gente y en caso de igualdad se ubican siempre en la última cola (n). Todos los clientes están dispuestos a esperar si encuentran hasta 5 personas por delante en la cola, sólo el 20% espera si encuentra hasta 8, el resto se retira.

Se conoce la f.d.p. del intervalo entre arribo de los clientes y la f.d.p. del tiempo de atención de cada puesto, conocido recién cuando el cliente comienza a ser atendido. Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos. Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo.

c) Obtener los siguientes resultados por separado para cada puesto de atención:

1. Promedio de permanencia en el sistema

2. Promedio de espera en cada cola

3. Porcentaje de tiempo ocioso de cada puesto de atención.

5. Porcentaje de personas arrepentidas respecto del total de personas que ingresaron al sistema.

EJERCICIO 4

Sistema con n puestos de atención en paralelo, con UNA ÚNICA COLA.

Los clientes que llegan al sistema se ubican en la única cola.

Todos los clientes están dispuestos a esperar si encuentran hasta 10 personas por delante en la cola, sólo el 40% espera si encuentra hasta 20, el resto se retira.

Se conoce la f.d.p. del intervalo entre arribo de los clientes y la f.d.p. del tiempo de atención de cada puesto, conocido recién cuando el cliente comienza a ser atendido. Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos. Tabla de eventos futuros.

e) Diagrama de flujo.

f) Obtener los siguientes resultados:

1. Promedio de permanencia en el sistema
2. Promedio de espera en cola
3. Porcentaje de tiempo ocioso de cada puesto de atención.
4. Porcentaje de personas arrepentidas respecto del total de personas que ingresaron al sistema.

EJERCICIO 5

Sistema con 2 puestos de atención en paralelo, cada puesto con diferentes prioridades de atención.

Los clientes que llegan al sistema se ubican en la cola del puesto "A" ó "B" según la siguiente distribución, el 35% se ubica en la cola "A" y el 65% en la cola "B".

Todos los clientes están dispuestos a esperar.

El puesto de atención "B" atiende a una persona que este haciendo la cola en su puesto solamente si no hay personas esperando ser atendidas en el puesto "A", o sea que las personas que están haciendo la cola en "A" tienen mayor prioridad que las del puesto "B".

El puesto de atención "A" atiende solamente a las personas que estén haciendo la cola en su puesto.

Se conoce la f.d.p. del intervalo entre arribo de los clientes y la f.d.p. del tiempo de atención de cada puesto, conocido recién cuando el cliente comienza a ser atendido. Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos. Tabla de eventos futuros.

h) Diagrama de flujo.

i) Obtener los siguientes resultados:

1. Promedio de permanencia en el sistema
2. Promedio de espera en cola
3. Porcentaje de tiempo ocioso de cada puesto de atención.

EJERCICIO 6

Sistema con un puesto de atención, con su correspondiente cola.

Los clientes llegan al sistema con una frecuencia que responde a una función de densidad de probabilidad (f.d.p.) equiprobable entre 5 y 20 minutos.

El tiempo de atención se conoce desde la llegada del cliente al sistema y responde a una función normal de Gauss, entre 10 y 20 minutos.

Todos los clientes están dispuestos a esperar hasta 10 minutos, sólo el 60% espera entre 10 y 20 minutos y el 10% espera más de 20 minutos.

Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos.

Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo.

c) Fijar las condiciones iniciales tal que el sistema comience a funcionar vacío y en ese momento llegue el primer cliente.

d) Obtener los siguientes resultados:

1. Promedio de permanencia en el sistema
2. Promedio de tiempo de atención.
3. Promedio de espera en cola
4. Porcentaje de tiempo ocioso del puesto de atención.
5. Porcentaje de personas que tuvieron que esperar más de 15 minutos antes de ser atendidas.
6. Porcentaje de personas que tenían que esperar más de 20 minutos y se retiraron con respecto al total de personas arrepentidas.

EJERCICIO 7

Sistema con dos puestos de atención en paralelo, cada uno con su correspondiente cola.

Los clientes llegan con una frecuencia que responde a una función de densidad de probabilidad (f.d.p.) equiprobable entre 3 y 15 minutos y se ubican en la cola donde serán atendidos antes, en caso de igualdad se distribuyen cíclicamente 3 a la cola 1 y 4 a la cola 2.

El tiempo de atención se conoce desde la llegada, es el mismo para ambos puestos y responde a una f.d.p. del tipo $f(x) = [4 - (x-4)^2] / k$.

Aquellos clientes que al llegar deben esperar hasta 10 minutos se quedan, sólo el 50% espera hasta 25 minutos, el resto se retira.

Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos.

Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo.

c) Fijar las condiciones iniciales tal que el sistema comience a funcionar vacío y en ese momento llegue el primer cliente. Resolver las f.d.p. por el método más conveniente.

e) Obtener los siguientes resultados por separado para cada puesto de atención:

1. Promedio de permanencia en el sistema
2. Promedio de espera en cada cola
3. Porcentaje de tiempo ocioso de cada puesto de atención.

4. Porcentaje de personas que al llegar tuvieron que esperar más de 20 minutos y se quedaron respecto del total de personas atendidas.

EJERCICIO 8

Sistema con n puestos de atención en paralelo, cada uno con su correspondiente cola.

Los clientes que llegan se ubican en la cola donde serán atendidos antes y en caso de igualdad se ubican siempre en la primera cola.

Todos los clientes están dispuestos a esperar el tiempo necesario hasta ser atendido.

Se conoce la f.d.p. del intervalo entre arribo de los clientes y la f.d.p. del tiempo de atención de cada puesto, conocido desde la llegada del cliente al

sistema que responde a $f(x) = [4 - (x-4)^2] / k$.

Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos.

Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo.

c) Obtener los siguientes resultados por separado para cada puesto de atención:

1. Promedio de permanencia en el sistema.
2. Porcentaje de tiempo ocioso de cada puesto de atención.
3. Porcentaje de personas que tuvieron que esperar mas de 20 minutos antes de ser atendidas.

EJERCICIO 9

El objetivo del estudio consiste en determinar la dotación óptima de personal para atender un pañol que minimice el costo total de funcionamiento. Para ello se debe realizar un análisis económico que requiere conocer el tiempo medio de espera de los operarios que están en la cola frente al pañol y el porcentaje de tiempo inactivo de los pañoleros.

Esta información se obtendrá realizando simulaciones de la operación del pañol, modificando en cada una el número de pañoleros que lo atienden.

Para realizar el estudio se designaron varios grupos de desarrollo, usted deberá desarrollar el ejercicio considerando que se dispone de dos pañoleros que entregan distintas clases de productos a operarios. La información básica obtenida por análisis previos de funcionamiento es la siguiente: tipos de productos entregados, porcentajes de pedido y tiempos de atención (f.d.p. equiprobable) para cada clase:

CLASE	PRODUCTO	% DE PEDIDO	TIEMPOS DE TENCION
A	Herramientas, repuestos, etc.	50	(entre 3 y 6 minutos)
B	Materiales de consumo	35	(entre 5 y 10 minutos)
C	Ropa de trabajo	15	(entre 8 y 15 minutos)

Se conoce el intervalo de tiempo entre llegadas sucesivas de operarios (IA) que responde a una función conocida y además que cada operario solicita items de una sola clase, a través de un vale de material que entrega al ingresar al pañol.

Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología

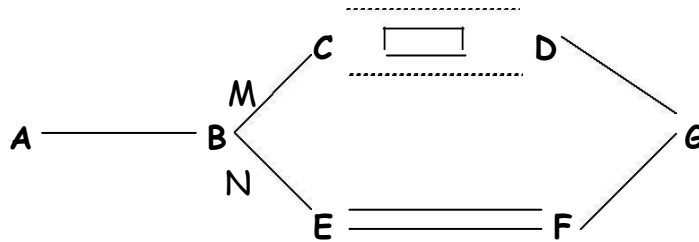
Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos.

Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo.

EJERCICIO 10

Sistema de transporte



Los camiones salen de **A** con intervalos aleatorios que responden a una f.d.p. del tipo $f(X) = mx + b$ entre $x=2$ y $x=6$ con $f(2)=0.2$

En **B** los camiones se distribuyen cíclicamente **M** hacia **C** y **N** hacia **E**.

Entre **C** y **D** los camiones cruzan en una balsa con capacidad para un camión por vez.

Entre **E** y **F** existe un túnel, mano única, por el cual puede pasar un sólo camión. Se conocen las f.d.p. de los tiempos de recorrido de cada tramo, los cuales aseguran que entre los tramos **A-B**, **B-C**, **B-E** y **E-F** los camiones no se pasan, en cambio en los tramos **D-G** y **F-G** pueden pasarse.

La simulación debe proporcionar la información necesaria para elegir la mejor distribución cíclica que haga mínimo el tiempo total de recorrido de los camiones. Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables. Metodología

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos. Tabla de eventos futuros.

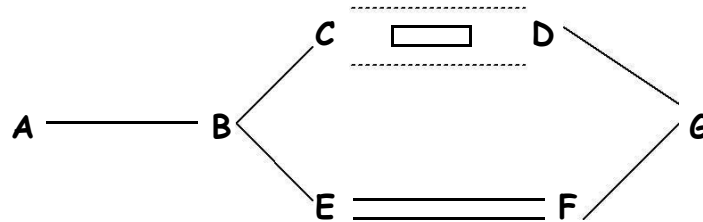
b) Clasificación de variables. Diagrama de flujo.

c) Promedio de tiempo total de recorrido.

d) Resolver por el método más conveniente la f.d.p.

EJERCICIO 11

Sistema de transporte



Los camiones salen de **A** con intervalos aleatorios que responden a dos f.d.p. conocidas, una para los días hábiles y otra para los sábados y domingos.

En **B** hay una bifurcación, los camiones se distribuyen cíclicamente tres hacia **C** y dos hacia **E**.

Entre **C** y **D** cruzan en una balsa con capacidad para tres camiones, que siempre sale completa.

Entre **E** y **F** existe un puente, mano única, sobre el cual sólo pueden estar simultáneamente dos camiones.

Se conocen las f.d.p. de los tiempos de recorrido de cada tramo, los cuales aseguran que entre los tramos **A-B**, **B-C**, **B-E** y **E-F** los camiones no se pasan, en cambio en los tramos **D-G** y **F-G** pueden pasarse.

Se establecerán las condiciones iniciales teniendo en cuenta que la simulación comenzará a las 0 horas de un día lunes.

Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos.

Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo.

c) Promedio de tiempo total de recorrido.

EJERCICIO 12

Banco de Sangre

Se desea averiguar la cantidad mínima necesaria de reserva (litros), que un banco de sangre de un Hospital Provincial debe solicitar semanalmente al gobierno Nacional, a fin de distribuir a todos los hospitales Municipales de la Provincia. El hospital recibe donaciones de sangre, cantidad que responde a una fdp expresada en litros, a intervalos variables (dada por una fdp expresada en días).

El Hospital entrega a diversos centros de salud, una cantidad que responde a una fdp, el intervalo entre entregas es también una fdp uniforme (días).

En caso de no tener suficiente stock, el Hospital debe recurrir a las autoridades del gobierno Nacional para cubrir la cantidad faltante.

El gobierno provincial desea conocer:

- La cantidad de veces que tuvo que recurrir a las autoridades de la Nación para gestionar un envío por no tener lo suficiente. □
- La mayor cantidad solicitada. □

Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos.

Tabla de eventos futuros.

b) *Calculo de resultados según de lo planteado.*

EJERCICIO 13

Sistema con almacenamiento intermedio

Depósito que almacena y vende un producto. Son datos:

La f.d.p. de las ventas diarias que responde a una función conocida. La f.d.p. de la demora en la entrega del proveedor.

Costo de almacenamiento (CALM) = \$ 5 por unidad por día de almacenamiento.

Costo de emisión de pedido (CEP) = \$ 2 por pedido emitido.

Costo de ventas perdidas (CVP) = \$ 4 por cada unidad que no puede ser vendida. Costo de ventas atrasadas (CVA) = \$ 3 por unidad y por día de atraso en la entrega.

No se preveen perturbaciones aleatorias externas que afecten al sistema.

Objetivo: minimizar el costo de funcionamiento del depósito.

CASOS:

A.- Ningún cliente acepta recibir la mercadería con atraso.

B.- Todos los clientes aceptan recibir la mercadería con atraso.

C.- Algunos clientes aceptan recibir la mercadería con atraso según el siguiente esquema:

Días de atraso	% de pérdida
0 a 2	0 %
3 a 5	40 %
6 a 8	80 %
9 o más	100 %

Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables. Metodología

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos.

Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo para cada uno de los tres casos planteados.

EJERCICIO 14

Sistema con almacenamiento intermedio

Depósito que almacena y vende un producto. Son datos:

La f.d.p. del intervalo entre arribos de los clientes $f(\mathbf{IA})$.

La f.d.p. de la cantidad de productos adquiridos por cada cliente $f(\mathbf{CANT})$. La f.d.p. de la demora en la entrega del proveedor , expresado en días.

Costo de almacenamiento (CALM) = \$ 50 por unidad por día de almacenamiento. Costo de emisión de pedido (CEP) = \$ 10 por pedido emitido. Costo de ventas perdidas (CVP) = \$ 30 por unidad perdida de vender.

Costo de ventas atrasadas (CVA) = \$ 15 por unidad y por día de atraso en la entrega.

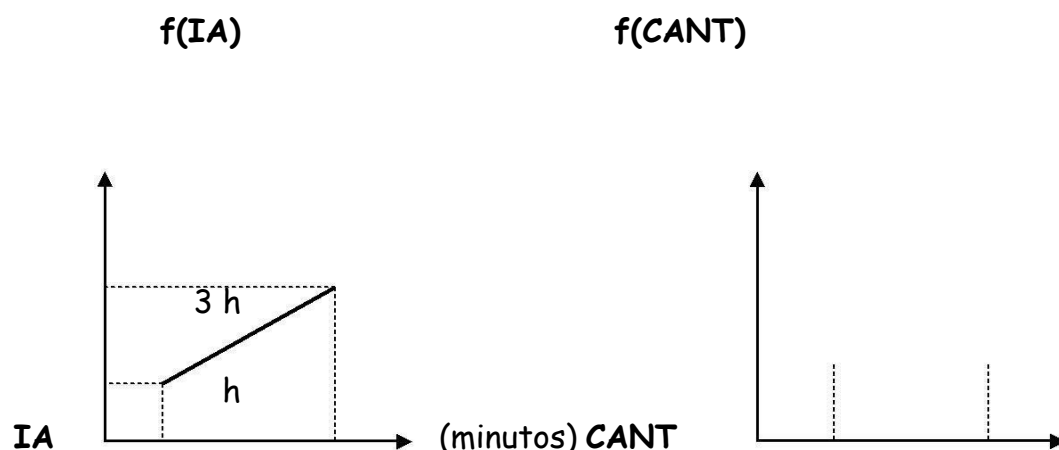
No se prevén perturbaciones aleatorias externas que afecten al sistema. El depósito trabaja 8 horas diarias.

El primer cliente llega en el instante en que comienza la simulación.

En caso de no haber suficiente mercadería para vender, los clientes aceptan esperar a que llegue la mercadería.

Objetivo: minimizar el costo total de funcionamiento del depósito:

$$CTF = CAL + CEP + CVP + CVA \quad (\text{fórmula general})$$



50 150

5

25

Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos. Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo.

c) Desarrollar las rutinas para generar valores de **IA** y **CANT** por el método más conveniente.

EJERCICIO 15

Sistema con almacenamiento intermedio

Depósito que almacena y vende un producto. Son d atos:

La f.d.p. del intervalo entre arribos de los clientes **f(IA)**.

La f.d.p. de la cantidad de productos adquiridos por cada cliente **f(CANT)**. La f.d.p. de la demora en la entrega del proveedor, en minutos.

Costo de almacenamiento (CALM) = \$ 5 por unidad por minuto de almacenamiento.

Costo de emisión de pedido (CEP) = \$ 10 por pedido emitido.

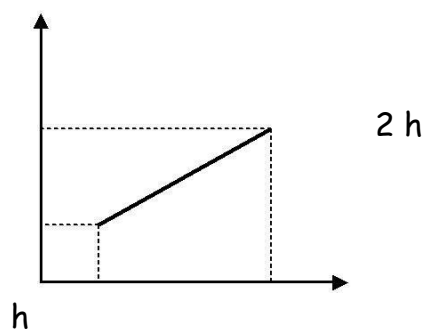
Costo de ventas perdidas (CVP) = \$ 30 por unidad perdida de vender.

No se preveen perturbaciones aleatorias externas que afecten al sistema.

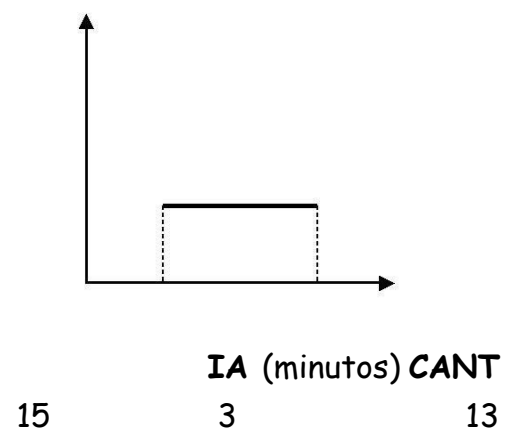
El primer cliente llega en el instante en que comienza la simulación.

Si la venta no se puede concretar por falta de mercadería, se pierde. Objetivo: minimizar el costo total de funcionamiento del depósito.

f(IA) f(CANT)



5



15

3

13

Se pide :

a) Análisis completo:

Clasificación de variables. Metodología

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos. Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo.

c) Desarrollar las rutinas para generar valores de **IA** y **CANT** por el método más conveniente.

EJERCICIO 16

Empresa Constructora

Una empresa constructora recibe en su nueva obra, en forma diaria, una cantidad constante de ladrillos de una empresa proveedora. La cantidad utilizada diariamente en la obra responde a una fdp (que depende entre otros factores de la cantidad de obreros que se presenten a trabajar ese día). Diariamente, se tiran el 5% de los ladrillos existentes por rotura (no sirven para esa obra). Además, como hay otra obra cercana, de la misma empresa, existe un 20% de probabilidad que un día retiren ladrillos, en este caso solo se entregan hasta 1000 (uniforme).

En caso de no contar con los ladrillos suficientes para trabajar ese día, la empresa constructora, pierde \$ 1.500 diarios.

Por El motivo anterior se desea ajustar la cantidad de ladrillos a pedir diariamente a su proveedor a fin de minimizar el costo por no tenerlos.

Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos.

Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo.

EJERCICIO 17

Sistema con almacenamiento intermedio

Sistema de almacenamiento intermedio de una máquina expendedora de cigarrillos de dos rubros: común y light, cuyas funciones de ventas diarias son $f(CO)$ y $F(LI)$ respectivamente.

La máquina tiene por cada rubro un espacio de reserva de 5 atados y una capacidad para almacenar 100 atados (igual al TP para cada rubro). Se trabaja con un proveedor que satisface ambos rubros, uno para cada mitad del año. Las demoras en la entrega del proveedor, para cada rubro responden a funciones conocidas. Sólo se puede ingresar el pedido cuando el espacio de stock (100 atados) está totalmente vacío, ya que los mismos vienen en un paquete que no se puede desarmar, los atados que exceden la reserva a la llegada del proveedor se desperdician. Se desea conocer para cada rubro, el punto óptimo de reposición que minimice las ventas perdidas (VP) por unidad (\$ 0,05) y el desperdicio de atados (DA) (\$ 0,40 por unidad).

Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos.

Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo.

EJERCICIO 18

Sistema de atención en un supermercado con múltiples cajas en paralelo, cada una con su correspondiente cola.

El supermercado trabaja todos los días de 10 a 20 horas. Todos los días a las 10 comienza vacío.

Se sabe que el flujo de llegada de clientes a las colas de las cajas **FLL (cantidad de clientes que llega a las colas de las cajas cada 10 minutos)** responde a una f.d.p. uniforme entre 14 y 26.

La f.d.p. de la cantidad de clientes atendidos en promedio por cada caja por hora es aleatoria, equiprobable entre 20 y 35.

Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología.

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos. Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo.

c) Obtener:

1.- El máximo número de clientes que quedó pendiente de atención al terminar una hora y a qué hora su cedió eso.

2.- Para cada hora del día (11,12,...,20), que porcentaje de veces a lo largo de la simulación, había más de 50 personas en las colas esperando ser atendidas.

3.- El promedio de clientes que pasó por las cajas después de la hora de cierre (20 horas) .

4.- Explicar de qué manera encuentra el valor n óptimo, siendo n el número de cajas necesarias para lograr una mejor atención.

EJERCICIO 19

Sistema represa alimentada por un río y con una salida de agua. Se conoce el volumen inicial almacenado en la represa.

El caudal de agua que llega es aleatorio y responde a dos f.d.p. conocidas, 3 expresadas en m por hora, una válida de enero a junio y la otra de julio a diciembre.

3

El caudal de agua que sale, es constante y está expresado en m cúbicos por minuto.

2

Además sobre la superficie de la represa (dato expresado en m) puede llover. Se sabe que el 30% de los días llueve, de ser así existe una f.d.p. de la cantidad de lluvia caída expresada en milímetros por día.

Se desea realizar un modelo de simulación que reproduzca el funcionamiento de la represa e informe qué porcentaje de días sucedió que al final del día el nivel de la represa estaba por debajo del nivel inicial.

Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología.

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos.

Tabla de eventos futuros.

. b) Diagrama de flujo.

EJERCICIO 20

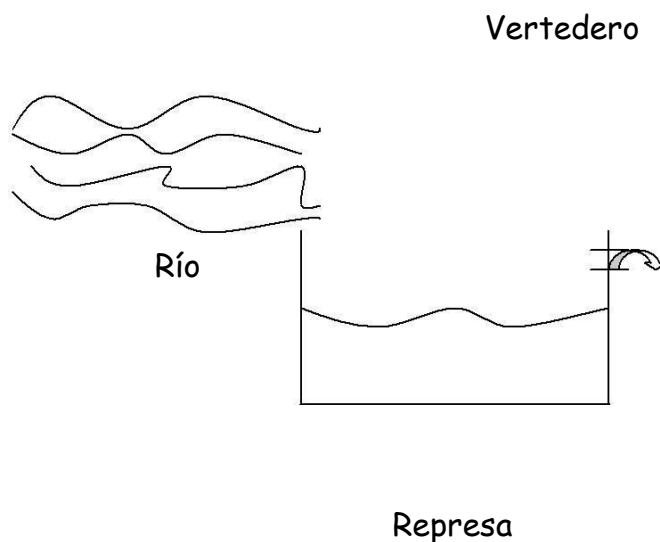
Una represa tiene un área media de 100 hectáreas.

Es alimentada por un río cuyo caudal varía de manera equiprobable entre 500.000 y 2.000.000 de metros cúbicos por día.

La represa alimenta una usina que consume "A" metros cúbicos por minuto de lunes a viernes y "B" metros cúbicos por minuto sábados y domingos.

Se instalará un vertedero de desborde que limitará la altura máxima de agua en la represa.

Se desea realizar un modelo de simulación para saber en que porcentaje de días a las 0 hs. del día la represa estaría totalmente llena y cuál sería la altura mínima para diversas alturas del vertedero de desborde.



Se pide:

a) Análisis completo:

Clasificación de variables.

Metodología.

Tabla de eventos independientes o clasificación de eventos. Tabla de eventos futuros.

b) Diagrama de flujo.