

**SIMULACIÓN DE SISTEMAS**  
**Cuarto Curso del Grado en Informática**  
**Problema de modelos discretos para convalidar parte del examen**

Supongamos una compañía que vende un único producto, y quisiera decidir cuantos ítems mantener en inventario durante los siguientes  $n$  meses. Los tiempos entre demandas del producto son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas, exponenciales con media 0.1 por mes (1 demanda cada tres días, en media). El tamaño de las demandas,  $D$ , es una variable aleatoria (independiente de cuando ocurre una demanda) con la siguiente distribución:

$$D = \begin{cases} 1 & \text{con probabilidad } 1/6 \\ 2 & \text{con probabilidad } 1/3 \\ 3 & \text{con probabilidad } 1/3 \\ 4 & \text{con probabilidad } 1/6 \end{cases}$$

Al principio de cada mes, la compañía revisa el nivel del inventario, y decide cuántos ítems pedir a su proveedor. Si la compañía pide  $Z$  ítems, incurre en un costo de  $K + iZ$ , donde  $K = 32$  es el costo por hacer el pedido, e  $i = 3$  es el costo por unidad (si  $Z = 0$ , no se incurre en ningún costo). Cuando se hace un pedido, el tiempo necesario para que llegue (llamado retraso de envío) es una variable aleatoria uniformemente distribuida entre 0.5 y 1 mes.

La compañía usa lo que se denomina una política estacionaria  $(s, S)$  para decidir cuanto pedir, es decir

$$Z = \begin{cases} S - I & \text{si } I < s \\ 0 & \text{si } I \geq s \end{cases}$$

donde  $I$  es el nivel de inventario al principio del mes (antes de hacer el pedido).

Cuando se produce una demanda, ésta se satisface inmediatamente si el nivel de inventario es mayor o igual que el tamaño de la demanda. Si no es así, el exceso de demanda solicitado se satisfará en futuros envíos (en cuyo caso el nivel de inventario se hace negativo). Cuando llega un pedido, se emplea en primer lugar para satisfacer el déficit que pudiera haber, y el resto (si queda) se añade al inventario.

Hay otros dos tipos de costos, además del de pedido: de mantenimiento y de déficit, que comentaremos ahora, después de introducir notación adicional. Sea  $I(t)$  el nivel del inventario en tiempo  $t$  (que puede ser positivo, negativo o cero). Sea  $I^+(t) = \max(I(t), 0)$  el número de ítems que hay en el inventario en realidad, y  $I^-(t) = \max(-I(t), 0)$  el número de ítems por satisfacer de demandas previas. Supondremos para nuestro modelo que la compañía incurre en un costo promedio de mantenimiento para los  $n$  meses de

$$h \frac{\int_0^n I^+(t) dt}{n}$$

donde  $h = 1$  por ítem y por mes, y  $\int_0^n I^+(t) dt/n$  es el número medio real de ítems en el inventario. Los costos de mantenimiento incluyen alquileres, seguros, tasas,...

También supondremos que la compañía tiene un costo medio de déficit para los  $n$  meses de

$$\pi \frac{\int_0^n I^-(t) dt}{n}$$

donde  $\pi = 5$  por ítem y por mes, y  $\int_0^n I^-(t) dt/n$  es el número medio de ítems vendidos pero no servidos. Este costo incluye pérdidas de confianza de clientes,...

Supongamos que inicialmente  $I(0) = 60$ , y que no hay ningún pedido en curso. Queremos simular el sistema de inventario para  $n = 120$  meses (10 años), y vamos a emplear el costo total medio por mes para comparar las siguientes trece políticas de pedido:

|   |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |     |    |     |
|---|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|-----|----|-----|
| s | 0  | 0  | 0  | 0   | 20 | 20 | 20 | 20  | 40 | 40 | 40  | 60 | 60  |
| S | 40 | 60 | 80 | 100 | 40 | 60 | 80 | 100 | 60 | 80 | 100 | 80 | 100 |

Supongamos que los responsables de la compañía plantean la posible utilización de otras políticas de pedido, diferentes de la política estacionaria comentada antes. Concretamente, se han propuesto dos posibilidades más:

- Pedir mensualmente el número de unidades vendidas durante el mes anterior.
- Utilizar una política de gestión del inventario más dinámica, de forma que no se hacen pedidos mensuales, sino que en cualquier momento en que el nivel actual de inventario  $I$  llegue a ser menor que  $s$ , se hace un pedido de  $S - I$  unidades (y no se puede volver a pedir hasta que llegue ese pedido).

Diseñad un modelo de simulación para el sistema original y sus alternativas, especificando los sucesos, el grafo de sucesos y las variables de interés, *detallando* las rutinas de sucesos, de inicialización, el generador de informes y la estructura y composición de la lista de sucesos. Construid el programa de simulación y haced la experimentación necesaria para determinar la mejor opción.