

## PAUTA CONTROL #1

### Pregunta 1 (60 %)

1. Respuestas:

a) Para modelar la política descrita deberían tenerse en cuenta los siguientes elementos:

■ Variables:

- $x_s$ : variable de estado que indica la cantidad de automóviles disponibles al inicio de la semana  $s$ .
- $y_s$ : variable aleatoria correspondiente a la cantidad de autos demandados en la semana  $s$ .
- $z_s$ : variable de decisión correspondiente a la cantidad de automóviles ordenados al final de la semana  $s$ .

■ Indicadores de desempeño:

- $v$ : ventas perdidas.

$$v = \frac{\sum_{s=1}^{15} \max\{y_s - x_s, 0\}}{15}$$

- $w$ : nivel de inventario promedio.

$$w = \frac{\sum_{s=1}^{15} \frac{(x_s + \max\{x_s - y_s, 0\})}{2}}{15}$$

■ Relaciones:

$$\bullet \quad x_s = \begin{cases} 25 & \text{si } s = 1. \\ \max\{x_{s-1} - y_{s-1}, 0\} & \text{si } s = 2, 3. \\ \max\{x_{s-1} - y_{s-1}, 0\} + z_{s-3} & \text{si } s = 4, \dots, 15. \end{cases}$$

$$\bullet \quad z_s = \begin{cases} 27 & \text{si } x_s \geq 20 \text{ y } \max\{x_s - y_s, 0\} < 20. \\ 0 & \sim \end{cases}$$

b) Para simular el comportamiento del sistema, primero se deben asignar a las ventas números aleatorios que respeten las probabilidades proporcionadas. Así se tiene la siguiente tabla:

Venta	Probabilidad	Números Aleatorios
5	0.05	00-04
6	0.05	05-09
7	0.10	10-19
8	0.10	20-29
9	0.10	30-39
10	0.20	40-59
11	0.20	60-79
12	0.10	80-89
13	0.05	90-94
14	0.05	95-99

Con esta información, y con los números aleatorios entregados, podemos observar el comportamiento de la política estudiada durante 15 semanas:

Semana	Inventario Inicial	Número Aleatorio	Ventas	Inventario Final	Ventas Perdidas	Pedido
1	25	23	8	17	0	27
2	17	59	10	7	0	0
3	7	82	12	0	5	0
4	27	83	12	15	0	27
5	15	61	11	4	0	0
6	4	0	5	0	1	0
7	27	48	10	17	0	27
8	17	33	9	8	0	0
9	8	6	6	2	0	0
10	29	32	9	20	0	0
11	20	82	12	8	0	27
12	8	51	10	0	2	0
13	0	54	10	0	10	0
14	27	66	11	16	0	27
15	16	55	10	6	0	0

De esta manera, se puede apreciar que no es muy buena política debido principalmente a que generar ventas perdidas por 18 unidades (cerca del 12 % de la demanda total vista).

- c) A modo de ejemplo, se puede sugerir la modificación del punto de reorden de automóviles. Para justificar lo anterior es importante notar que el valor esperado de la demanda para una semana es cercano a 10 automóviles, y la varianza cercana a 4. Con estos, y dependiendo del nivel de servicio que se quiere dar, podríamos definir el punto de reorden ( $R$ ) como sigue:

$$R = L \times m + z \times \sqrt{L} \times \sigma \approx 2 \times 10 + 1,65 \times \sqrt{2} \times 4 \approx 29$$

donde  $m$  corresponde a la demanda semanal esperada,  $L$  al tiempo de entrega,  $z$  al factor de seguridad asociado al nivel de servicio que se quiere dar y  $\sigma$  es la desviación estándar de la demanda semanal.

## 2. Respuestas:

a) Algunas alternativas de heurísticas podrían ser:

- Heurística 1: Satisfacer la demanda de cada cliente desde la bodega más barata. Luego, abastecer a cada bodega desde la planta más barata, respetando la capacidad de la planta  $p_2$ .
- Heurística 2: Asignar a cada cliente la bodega con menor costo total de distribución, es decir, considerando los costos de entrada y salida de éstas.

b) Los resultados obtenidos serían:

- Heurística 1: Los clientes  $c_1$ ,  $c_2$  y  $c_3$  deben ser atendidos por la bodega  $w_2$ , la que a su vez debe ser atendida por la planta  $p_2$ . De esta manera, y de acuerdo a la capacidad de la planta  $p_2$ , la bodega  $w_2$  debe recibir 60.000 unidades desde la planta  $p_2$  y las restantes 140.000 desde la planta  $p_1$ .

$$\text{Costo Total} = 2 \times 50,000 + 1 \times 100,000 + 2 \times 50,000 + 2 \times 60,000 + 5 \times 140,000 = 1,120,000$$

- Heurística 2: Para el cliente  $c_1$  las alternativas serían  $p_1 \rightarrow w_1 \rightarrow c_1$ ,  $p_1 \rightarrow w_2 \rightarrow c_1$ ,  $p_2 \rightarrow w_1 \rightarrow c_1$  y  $p_2 \rightarrow w_2 \rightarrow c_1$ , de las cuales la más barata es  $p_1 \rightarrow w_1 \rightarrow c_1$ . Por lo tanto el cliente  $c_1$  es atendido desde la bodega  $w_1$ . Utilizando el mismo análisis, se puede concluir que los clientes  $c_2$  y  $c_3$  deben ser atendidos desde la bodega  $w_2$ . De esta manera, la bodega  $w_1$  debe distribuir 50.000 unidades mientras que la bodega  $w_2$  150.000. Para lo anterior, el mejor patrón de flujos sería abastecer a la bodega  $w_1$  con 50,000 unidades desde la planta  $p_1$ , abastecer a la bodega  $w_2$  con 60.000 unidades desde la planta  $p_2$  y abastecer a la bodega  $w_2$  con 90.000 unidades desde la planta  $p_1$ .

$$\text{Costo Total} = 3 \times 50,000 + 1 \times 100,000 + 2 \times 50,000 + 2 \times 60,000 + 5 \times 90,000 = 920,000$$

c) La principales ventajas de este tipo de métodos son su simplicidad, la rapidez con que permiten obtener soluciones y los escasos esfuerzos computacionales que requieren. Además, permiten obtener soluciones iniciales para métodos más avanzados.

Por otro lado, su desventaja obvia es que generalmente no permiten la obtención de soluciones exactas, es más, muchas veces no se puede identificar cuánto distan sus soluciones del valor óptimo.

## Pregunta 2 (40 %)

1. Respuesta:

- a) Como es costumbre en este tipo de evaluaciones, el factor a considerar es el stock de seguridad. De esta manera, y si consideramos sólo un producto, la forma de estimar la disposición a pagar por la tecnología podría ser:

$$\Delta = (z \times \sqrt{P + L} \times \sigma - z \times \sqrt{L} \times \sigma) \times i \times C$$

donde  $m$  corresponde a la demanda media semanal,  $L$  al tiempo de entrega,  $z$  al factor de seguridad asociado al nivel de servicio que se quiere dar,  $\sigma$  es la desviación estándar de la demanda semanal,  $C$  es costo unitario del producto e  $i$  el porcentaje del costo del producto en que se incurre al mantenerlo en inventario.

- b) Si la empresa está inmersa en una cadena en la cual se comprate información, la administración de inventarios debería considerar la demanda final de los clientes y los tiempos de entrega de la cadena. Así, la expresión anterior quedaría:

$$\Delta = (z \times \sqrt{P + L_e} \times \sigma_F - z \times \sqrt{L_e} \times \sigma_F) \times i \times C$$

donde  $\sigma_F$  y  $L_e$  corresponden a la desviación estándar de la demanda final (total) por el producto y al tiempo de entrega en la cadena, respectivamente.

2. Respuesta:

Para eliminar los subtours se podría definir en forma genérica  $S$  como un subconjunto del conjunto de clientes, e imponer la siguientes restricciones:

$$\sum_{(i,j): i \in S, j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall 2 \leq |S| \leq n - 2,$$

donde  $x_{ij}$  corresponde a la variable que permite decidir si se utiliza el arco  $(i, j)$ .

El problema podría ser resuelto en forma aproximada utilizando heurísticas. Por ejemplo, se podría resolver el matching (problema sin restricciones para los subtours), para luego identificar y eliminar circuitos. También se podrían utilizar métodos de construcción (heurística golosa o de ahorro) y de mejoramiento ( $\lambda$ -Opt).

3. Respuestas:

- a) La experiencia sugiere que el incremento de tiempo fijo es aconsejable cuando los eventos de interés ocurren con regularidad o cuando el número de eventos es considerable, es decir, cuando varios ocurren en el mismo período de tiempo. El método de incremento de tiempo variable es aconsejable, ya que toma menos de tiempo de computador, cuando hay relativamente pocos eventos dentro de una cantidad de tiempo considerable.

b) Las maneras de resolver este problema podrían ser:

- Descartando los datos generados durante el comienzo de la simulación.
- Seleccionando condiciones de inicio que minimicen la duración del estado transiente.

4. Respuestas:

a) Las variables de mayor relevancia podrían ser:

- Tiempo de llegada de los pedidos.
- Ubicación geográfica de los clientes.
- Ubicación geográfica de los restaurantes.
- Tiempo de atención telefónica.
- Tiempo de asignación de choferes.
- Tiempo de preparación de los pedidos por parte de los restaurantes.
- Tiempo de viaje de los choferes a los restaurantes.
- Tiempo de retiro de los pedidos en los restaurantes.
- Tiempo de viaje de los choferes desde los restaurantes hasta los clientes.
- Tiempo de entrega de los pedidos a los clientes.

b) Las medidas de desempeño que podrían ser utilizadas son:

- Tiempo de Ciclo medio.
- Número de pedidos atrasados.
- Porcentaje de utilización de operadoras telefónicas y choferes.

5. Respuestas:

a) Algunos de los supuestos realizados por los investigadores fueron:

- Existencia de sólo dos tipos de clientes, antiguos y nuevos.
- Porcentaje de pedidos rechazados igual al 2 %.
- Políticas de atención FIFO.
- Existencia de sólo tres tipos de restaurantes, de acuerdo al tipo de comida.
- Distribuciones de probabilidad triangulares para las variables difíciles de medir.

b) Los factores, que a juicio del expositor podrían ser incorporados en desarrollos futuros, son:

- La Demanda Real: La información de demanda incorporada en el modelo sólo consideró la demanda observada por las operadoras del callcenter. Por esta razón, es importante la obtención de datos que reflejen cabalmente la demanda por el servicio ofrecido, para así poder determinar de mejor manera el porcentaje de llamadas perdidas.
- Configuración de Turnos: El modelo desarrollado sólo considera turnos de igual extensión temporal. La configuración de turnos de distinto largo podría ayudar a la optimización del uso de recursos, permitiendo una mayor utilización de éstos en horarios fuera de punta.
- Tiempos de Ocio: Es necesario considerar que tanto operadoras como repartidores no están todo el tiempo operacionales. Existen instantes de tiempo en los cuales están incapacitados de atender los requerimientos de los clientes.