

# SIMULACION APLICADA A LA GESTION DE STOCKS

Christian Arzac, Javier Alves, Eloy Vera Bahima, Carlos Bohdan, Nora Nichio, Gerardo Santori,  
TECPRO, Departamento de Ingeniería de Producción, Facultad de Ingeniería, UNLP

Palabras clave: Simulación; Inventario; Perpetuo; Periódico.

## INTRODUCCIÓN

Los inventarios están presentes en todas las compañías que tratan con productos físicos, tales como fabricantes, distribuidores, comerciantes, etc. Las empresas necesitan inventarios de materias primas para la manufactura de productos y a su vez deben almacenar productos terminados en el almacén a la espera de ser vendidos. De manera similar, los distribuidores deben mantener inventarios de bienes que deberán estar disponibles cuando los consumidores los necesiten.

Dado que los stocks representan una cantidad de dinero inmovilizada muy importante dentro de una empresa, la reducción de los costos de almacenamiento (evitando inventarios innecesariamente grandes) podría mejorar la competitividad de cualquier sistema productivo.

Cuando hay que analizar los inventarios con una demanda independiente los modelos de gestión de stocks que se utilizan son: el modelo de cantidad fija del pedido (EOQ) y el modelo de periodo de tiempo fijo (también llamado de revisión periódica, modelo P) [1-2]. En el modelo de cantidad fija de pedido se coloca un pedido cuando el inventario restante cae a un punto de pedido y se revisa el nivel de inventario continuamente. De esta manera, el modelo de cantidad fija de pedido es un sistema perpetuo que requiere que cada vez que se haga un retiro o una adición al inventario, los registros deban actualizarse para asegurar que el punto del nuevo pedido se ha alcanzado o no. En cambio en el modelo de periodo de tiempo fijo, el conteo tiene lugar solo durante el periodo de revisión.

Según Chase, Aquilano y Jacobs [1] las siguientes son algunas diferencias que tienden a influenciar la elección de estos sistemas:

-El modelo de periodo de tiempo fijo tiene un inventario promedio más grande ya que debe protegerse contra el agotamiento de las existencias durante el periodo de revisión; en cambio el modelo de cantidad fija no tiene periodo de revisión.

-El modelo de cantidad fija de pedido favorece a los artículos más costosos porque el inventario promedio es menor.

-El modelo de cantidad fija de pedido es más adecuado para artículos importantes, tales como las partes de reparación críticas, porque hay un monitoreo más cercano y en consecuencia una respuesta más rápida al posible agotamiento de existencias.

-El modelo de cantidad fija de pedido requiere más tiempo de mantenimiento porque cada adición o retiro se debe registrar.

Otros autores señalan otras ventajas sobre la elección de estos sistemas [2]:

-La administración del sistema P resulta sencilla, los intervalos fijos de reabastecimiento permiten estandarizar los tiempos de entrega.

-En el sistema periódico los pedidos de artículos múltiples de un mismo proveedor pueden combinarse en una sola orden de compra, de esta manera se reducen los costos de hacer pedidos y los de transporte.

-En el sistema EOQ la frecuencia con que se revisa cada artículo puede ser individualizada; los tamaños de lote fijo si son grandes, suelen traducirse en descuentos por cantidad y los inventarios de seguridad resultan más bajos lo que se traduce en ahorros.

La selección entre los sistemas EOQ y P no es totalmente clara. El hecho de que un sistema sea mejor que el otro depende de la importancia relativa de sus ventajas en diferentes situaciones. La gerencia deberá ponderar cuidadosamente cada una de las alternativas antes de seleccionar el mejor sistema.

La simulación es una herramienta poderosa para lograr una ventaja competitiva gestionando los inventarios de una empresa de manera óptima [3-5]. En este trabajo se estudia la aplicación de la simulación a dos modelos de gestión de stocks, el modelo de cantidad fija de pedido (EOQ) y el modelo de periodo de tiempo fijo con el fin de analizar el desempeño de cada sistema bajo una demanda y plazo de entrega variables. Esta herramienta permitirá a la gerencia tomar la mejor decisión en su gestión de stocks, esto es, mantener bajo el costo de stocks cumpliendo con el plan de producción y con los requerimientos de nivel de servicio al cliente.

## METODOS

### Simulación de la Demanda y Plazo de entrega

En el presente trabajo se utilizó el método de Monte Carlo para simular una demanda diaria, y así generar valores para esta variable de los modelos en estudio. La base de la simulación Monte Carlo es la experimentación con los elementos de azar a través de un muestreo aleatorio.

Esta técnica puede ser dividida en cinco pasos que se describirán a continuación:

1. **Establecer una distribución de probabilidad:** La forma en la que se estableció la distribución de probabilidad fue examinando los resultados históricos de cada variable. La probabilidad de cada posible resultado se obtuvo mediante la división de la frecuencia de observación y el número total de observaciones.
2. **Construir una distribución de probabilidad acumulada para cada variable:** Esta probabilidad acumulada se utiliza posteriormente para la asignación de los números aleatorios.
3. **Establecer intervalos de números aleatorios:** A través de la distribución de probabilidad acumulada se pueden generar intervalos, que corresponderán a los intervalos de números aleatorios asociados con ese valor de la variable. De esta forma el intervalo para cada valor particular de la variable queda limitado en un rango, donde su límite superior está dado por la probabilidad acumulada correspondiente a este y el límite inferior por la probabilidad acumulada del anterior.

Demanda	Frecuencia de ocurrencia	Probabilidad de ocurrencia	Rango menor probabilidad	Probabilidad acumulada
0	1	0,017	0,000	0,017
1	3	0,052	0,017	0,069
2	6	0,103	0,069	0,172
3	4	0,069	0,172	0,241
4	9	0,155	0,241	0,397
5	10	0,172	0,397	0,569
6	8	0,138	0,569	0,707
7	7	0,121	0,707	0,828
8	5	0,086	0,828	0,914
9	3	0,052	0,914	0,966
10	2	0,034	0,966	1,000
<b>Total</b>	<b>58</b>			

Tabla 1. Distribución de probabilidades de la demanda

Plazo de entrega (días)	Frecuencia de ocurrencia	Probabilidad	Rango menor probabilidad	Probabilidad acumulada
1	1	0,037	0,000	0,037
2	2	0,074	0,037	0,111
3	5	0,185	0,111	0,296
4	6	0,222	0,296	0,519
5	8	0,296	0,519	0,815
6	3	0,111	0,815	0,926
7	2	0,074	0,926	1,000
<b>Total</b>	<b>27</b>			

Tabla 2. Distribución de probabilidades del plazo de entrega

4. **Generar números aleatorios:** La generación de estos números aleatorios se llevo a cabo en el programa Microsoft Excel, mediante su función ALEATORIO. De esta forma se le asigno un número aleatorio para cada uno de los 200 días correspondientes al modelo. Cabe aclarar que se genero una distribución particular de números aleatorios para cada una de las variables simuladas.
5. **Obtener los valores simulados:** En este paso se confecciona una matriz de búsqueda para cada una de las variables simuladas, en la cual a través de la función BUSCARV se ingresa con el número aleatorio correspondiente a cada día de simulación, y se obtiene el valor de la variable simulada. En este caso los resultados son el número de unidades demandas y el número de días de plazo de entrega para cada uno de los 200 días simulados.

### Descripción del modelo de inventario Perpetuo

El modelo de inventario basado en una política perpetua, fue realizado mediante una hoja de cálculo, en el programa Microsoft Excel. En la misma se utilizaron los plazos de entrega y la demanda para cada uno de los 200 días, calculadas anteriormente.

Para este modelo se definió la magnitud económica del lote en función de los siguientes parámetros:

- **Pu** = Precio unitario
- **Cc** = Costo orden de compra
- **Ca** = Costo de almacenamiento anual
- **Ti** = Tasa de interés
- **Da** = Demanda anual
- **Q** = Magnitud económica del lote

$$Q = \sqrt{\frac{2 Da Cc}{Ca + Ti Pu}}$$

Y el punto de reorden en función de:

- **Pp** = Plazo promedio de entrega
- **Dp** = Demanda promedio
- **Ss** = Stock de seguridad
- **Pr** = Punto de reorden

$$Pr = (Dp * Pp) + Ss$$

Se define la cantidad que se va a pedir, cada vez que se realice un pedido, a través de la magnitud económica de lote y el punto de reorden como el inventario necesario para cubrir la demanda promedio durante el plazo de entrega promedio, más el stock de seguridad que se decida adoptar.

Debido a que tanto los plazos de entregas como la demanda son parámetros que varían con cada corrida de simulación, también variarían la magnitud económica del lote y el punto de reorden.

De esta manera el modelo comienza en cada uno de los 200 días con un inventario inicial que es el inventario final del día anterior más las unidades recibidas, y finaliza el día con un inventario final que es equivalente al inventario inicial menos la demanda asociada a este día. Antes de pasar al día siguiente se compara el inventario final con el punto de reorden y si es inferior a este se toma la decisión de hacer un pedido, en caso contrario no se realiza el pedido.

Con los datos obtenidos de las diferentes corridas se obtienen las variables a través de los cuales evaluaremos el desempeño de este modelo, estos son:

- Inventario promedio
- Numero de ventas perdidas
- Numero de pedidos realizados
- Costo de adquisición
- Costo de existencia
- Costo de ventas perdidas

### **Descripción del modelo de inventario Periódico**

Al igual que el modelo de política de inventario perpetua, este modelo se realizó sobre una hoja de cálculo de Microsoft Excel.

Con el objetivo de que estos modelos fueran comparables, los plazos de entrega y demanda asociada a cada uno de los días fueron los mismos para ambos modelos. De esta forma se pudo apreciar como se comporta cada uno bajo idénticas condiciones.

En el modelo periódico, a diferencia del perpetuo, la realización del pedido se lleva a cabo sistemáticamente cada un periodo de tiempo fijo, sin importar el inventario diario. Este periodo de tiempo es determinado por el encargado de la política de gestión de inventario, pero debe ser tal que minimice los costos totales de inventario.

Una vez definido el tiempo entre pedidos, se determina la cantidad de pedidos que se deben hacer a lo largo de todo el año y los días en que estos se realizarán. La cantidad que se pide cada vez que se realiza un pedido será la diferencia entre el inventario final de ese día y el nivel de inventario necesario. Este se define como el inventario necesario para cubrir la demanda promedio durante el tiempo restante hasta el próximo pedido y el plazo de entrega promedio, más el stock de seguridad determinado.

A continuación se describen los parámetros utilizados para calcular el nivel de inventario necesario entre pedido y la cantidad a pedir en cada pedido:

- **Dp** = Demanda promedio
- **Pp** = Plazo promedio

- **Tp** = Tiempo entre pedidos
- **Ss** = Stock de seguridad
- **Ni** = Nivel de inventario

$$Ni = Dp \cdot (Tp + Pp) + Ss$$

- **If** = Inventario final
- **Cp** = cantidad a pedir

$$Cp = Ni - If$$

Los datos de las variables utilizadas para evaluar el desempeño de este modelo, son los mismos que se utilizaron en el modelo perpetuo, para lograr poder comparar ambos modelos.

- Inventario promedio
- Numero de ventas perdidas
- Numero de pedidos realizados
- Costo de adquisición
- Costo de existencia
- Costo de ventas perdidas

## RESULTADOS y DISCUSION

Una vez confeccionado cada uno de los modelos de política de inventario se procedió a su comparación, a través de las variables de desempeño antes mencionadas. Para esto se fijaron los parámetros característicos de cada modelo y se realizaron sucesivas corridas de ambos modelos para obtener valores de estas variables para su comparación.

<b>Precio unitario</b>	<b>100</b>
<b>Costo orden de compra</b>	<b>30</b>
<b>Costo de almacenamiento</b>	<b>10</b>
<b>Tasa de interés</b>	<b>0,18</b>

Tabla 3. Parámetros comunes para ambos modelos

	<b>Modelo de inventario perpetuo</b>
<b>Magnitud económica del lote</b>	47
<b>Punto de reorden</b>	27

Tabla 4. Variables particulares del modelo Perpetuo

	<b>Modelo de inventario periódico</b>
<b>Nivel de inventario</b>	63
<b>Tiempo entre pedidos</b>	7

Tabla 5. Variables particulares del modelo Periódico

	<b>Inventario promedio</b>	<b>Ventas perdidas promedio</b>	<b>Numero de pedidos realizados</b>	<b>Stock de seguridad</b>	<b>Costo anual de adquisición</b>	<b>Costo anual de ventas perdidas</b>	<b>Costo anual de existencias</b>	<b>Costo anual de inventario</b>
<b>Modelo de inventario perpetuo</b>	28,4	27,6	21	5	643,00	2756,67	283,67	3683,33
<b>Modelo de inventario periódico</b>	25,2	49,4	28	5	840,00	4940,00	252,00	6032,00

Tabla 6. Comparación de ambos modelos para igual stock de seguridad

A través de esta comparación podemos ver que en el modelo perpetuo el inventario promedio es ligeramente superior al modelo periódico, pero el número de ventas perdidas está muy por debajo en el modelo perpetuo, obteniéndose un costo anual de inventario mucho menor.

Posteriormente se modificó el tiempo entre pedido en el modelo de inventario periódico, pasando este de siete a catorce días y se realizaron sucesivas corridas para realizar una nueva comparación entre estos dos modelos.

	Inventario promedio	Ventas perdidas promedio	Numero de pedidos realizados	Stock de seguridad	Costo anual de adquisición	Costo anual de ventas perdidas	Costo anual de existencias	Costo anual de inventario
<b>Modelo de inventario perpetuo</b>	28,3	23,7	21	5	638,00	2370,00	283,00	3291,00
<b>Modelo de inventario periódico</b>	39,9	28,7	14	5	420,00	2873,33	399,00	3692,33

Tabla 7. Comparación de ambos modelos con tiempo entre pedidos de 14 días

A partir de los datos volcados en la tabla 7, se observa que en el modelo periódico las ventas perdidas, el costo de adquisición y el costo total anual descendieron notablemente, a pesar que el inventario promedio se ve incrementado en casi 15 unidades.

Con el objetivo de evaluar la sensibilidad de ambos modelos al modificarse alguna de las variables preestablecidas, se realizaron nuevas simulaciones en las cuales se modificaron el stock de seguridad para ambos modelos, el tiempo entre pedidos para el modelo periódico. La forma de calcular el stock de seguridad del modelo perpetuo fue considerando a este como un porcentaje del punto de reorden teórico, mientras en el modelo periódico se procedió a aumentar el número de unidades en forma directa.

	Inventario promedio	Ventas perdidas promedio	Numero de pedidos realizados	Stock de seguridad	Costo anual de adquisición	Costo anual de ventas perdidas	Costo anual de existencias	Costo anual de inventario
<b>Modelo de inventario perpetuo</b>	34,1	6,53	21	11	639,00	653,00	341,00	1633,00
<b>Modelo de inventario periódico</b>	49,7	5,63	14	15	420,00	563,00	497,00	1480,00

Tabla 8. Comparación de ambos modelos con diferente stock de seguridad

Este análisis de sensibilidad nos muestra la relevancia que tiene el stock de seguridad en el número de ventas perdidas. Al aumentar este las ventas perdidas disminuyen notablemente

y debido al elevado peso que tienen sobre el costo total, se observa un decremento en el costo total de ambos modelos a medida que el stock de seguridad aumenta a pesar de aumentar el costo de almacenamiento.

## **CONCLUSIÓN**

Con los datos obtenidos de las sucesivas corridas para las distintas situaciones planteadas en ambos modelos, se obtuvo información suficiente para poder realizar un análisis del comportamiento de los dos modelos de inventario.

Durante la comparación de ambos modelos utilizando stock de seguridad iguales, se pudo apreciar que el modelo de inventario con política perpetua generó costos de inventario totales menores que los del modelo con política periódica. Esto se comprobó para periodos entre pedidos de siete días, como así también para periodos de catorce días.

En el primer caso en el cual el tiempo entre pedidos era de siete días, el modelo perpetuo tiene un promedio de ventas perdidas que es aproximadamente la mitad que el obtenido en el modelo periódico, lo cual debido al peso que tienen estas en el costo total hacen que el mismo sea superior para el periódico. Por otro lado el inventario promedio para el modelo periódico, con este plazo de tiempo, es inferior al del modelo perpetuo que realiza menos pedidos, con lo cual si bien posee mayor costo de almacenamiento también disminuye el costo de adquisición.

En el segundo caso analizado, con tiempo entre pedidos de catorce días, el modelo de inventario periódico debido a que realiza menos pedidos y genera un número menor de ventas perdidas disminuye el costo total de inventario, a pesar de aumentar su inventario promedio. Mientras que en el modelo perpetuo los costos se mantienen prácticamente constantes, ya que no se varió ninguno de sus parámetros, y los mismos siguen siendo inferiores a los del modelo periódico.

Durante el análisis de sensibilidad realizado, se observó que la variación del stock de seguridad para ambos modelos, genera una variación significativa en el número de ventas de perdidas y por ende en el costo de inventario. A su vez también genera variaciones en el inventario promedio y, en el caso particular del modelo perpetuo, en el número de pedidos realizados. Aunque estas no son tan significativas en los costos totales de inventario como las generadas por las ventas perdidas.

## **REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA**

[1] Chase R., Aquilano N., Jacobs R., "Administración de Producción y Operaciones. Manufactura y Servicios". Ed. Mc.Graw Hill. (2004).

[2] Krajewski Lee J.; Malhotra Manoj K.; Ritzman Larry P. "Administración de operaciones procesos y cadenas de valor". Editorial Pearson Addison-Wesley, (2008).

[3] Hillier F., Hillier M., Lieberman G., "Métodos cuantitativos para administración. Un enfoque de modelos y casos de estudio con hojas de cálculo." Ed. Irwin. Mc Graw-Hill. (2002).

[4] Render B., Stair R., Hanna M. "Métodos cuantitativos para los negocios". Ed. Pearson Prentice Hall, (2006).

[5] Riggs J. "Sistemas de producción". Editorial LIMUSA, (2002).