

Estudio desde el punto de vista de teoría de sistemas del modelo de Wilson para la gestión de inventarios

Xavier Canaleta
Enginyeria i Arquitectura La Salle
Universitat Ramon Llull
Barcelona
e-mail: xavic@salleurl.edu

Resumen

Como hemos pedido comprobar en el presente Curso de Doctorado, es indiscutible que la teoría de sistema da una visión completamente diferente a temas conocidos y que ya hemos tratado con anterioridad. Este pequeño informe tiene la pretensión de poner un ejemplo más que sirva para constatar tal hecho.

Concretamente, nuestro objetivo es elegir el modelo de Wilson, un modelo matemático clásico usado para la gestión de inventarios, y estudiarlo desde la visión de la Sistémica.

Este informe tendrá una primera parte (introducción) donde explicaremos el problema planteado. Este apartado podría corresponder a un enunciado. Y, seguidamente, pasaremos a detallar la adaptación del problema a Teoría de Sistemas [1], para acabar implementando el problema con el software *Vensim* y mostrar las mejoras que este nos puede aportar.

1. Introducción

Existen muchos modelos matemáticos para la gestión de inventarios. Uno de los que más se suele explicar y es de todos conocido por su simplicidad es el modelo de Wilson o modelo de volumen económico de pedido. En 1915, F.W. Harris desarrolló este modelo. La popularidad del modelo se debe a los esfuerzos de un consultor y asesor de empresas llamado Wilson. De ahí que se suele conocer más por el nombre de este que el del propio autor.

Los supuestos en los que se basa el modelo de Wilson son los siguientes:

1. La demanda del producto es constante, uniforme y conocida.
2. El tiempo transcurrido desde la solicitud hasta su recepción (plazo de entrega) es constante.
3. El precio de cada unidad de producto es constante e independiente del nivel de inventario y del tamaño del pedido.
4. El coste de almacenamiento depende del nivel medio de existencias.
5. Las entradas en el almacén se realizan por lotes o pedidos de tamaño constante y el coste de realización de cada pedido es también constante e independiente de su tamaño.
6. No se permiten rupturas de stock.
7. El bien almacenado es un producto individual que no tiene relación con otros productos.

No entraremos en detalles de cómo se obtiene la fórmula de Wilson para calcular el volumen de pedido óptimo pero sí que es necesario definir unas cuantas variables para entender el modelo:

Q: número de unidades a solicitar en cada pedido (unidades/pedido).
 q: número de unidades que se venden anualmente (unidades/año).
 g: coste unitario de almacenamiento anual (um/año).
 n: número de pedidos al año (pedidos/año).
 k: coste unitario de cada pedido (um/pedido).
 Ss: Stock de seguridad (unidades).

A partir de aquí podemos expresar las siguientes fórmulas del modelo:

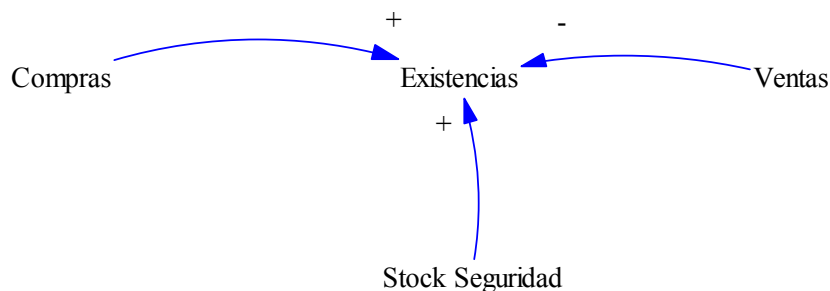
- Cálculo del stock medio: $\bar{S} = Ss + \frac{Q}{2}$
- Fórmula para el número de pedidos: $n = \frac{q}{Q}$
- Costes de almacenamiento: $C_p = g \cdot \bar{S}$
- Costes de pedido: $C_c = k \cdot n$
- Volumen de pedido óptimo: $Q = \sqrt{\frac{2kq}{g}}$

Con estos datos e información, hemos de plantear el problema del modelo de Wilson desde el punto de vista de la Sistémica para ver la evolución de las existencias en un periodo de tiempo.

2. Análisis del problema

Una vez analizada la información y variables del modelo de Wilson, podemos avanzar que el diagrama causal que, a priori, puede representar este modelo es relativamente simple. Sus características principales son las siguientes:

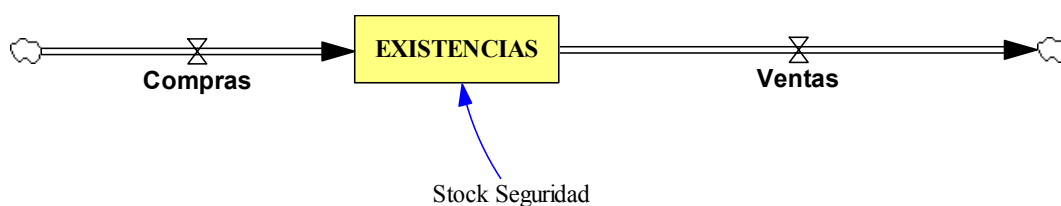
- El eje central de nuestro modelo son las existencias, concretamente queremos controlar la variación de existencias en el tiempo.
- Los tres parámetros que le afectan directamente son el stock de seguridad, las compras que realizamos y las ventas que se van produciendo a lo largo del periodo.
- Dicho esto el diagrama causal inicial que se nos presenta podría ser:



Cuando hallamos esta solución, en un principio nos sentimos relativamente decepcionados, dado que teníamos unas expectativas previas de que el modelo sería más complejo y que, quizá, este sería un ejercicio demasiado elemental como trabajo. Pero, como veremos más adelante, cuando implementamos el modelo de Wilson utilizando el software *Vensim*, observaremos que la relativa complejidad del modelo viene dada por la instanciación de los comportamientos de los diferentes elementos del sistema.

3. Implementación en *Vensim*

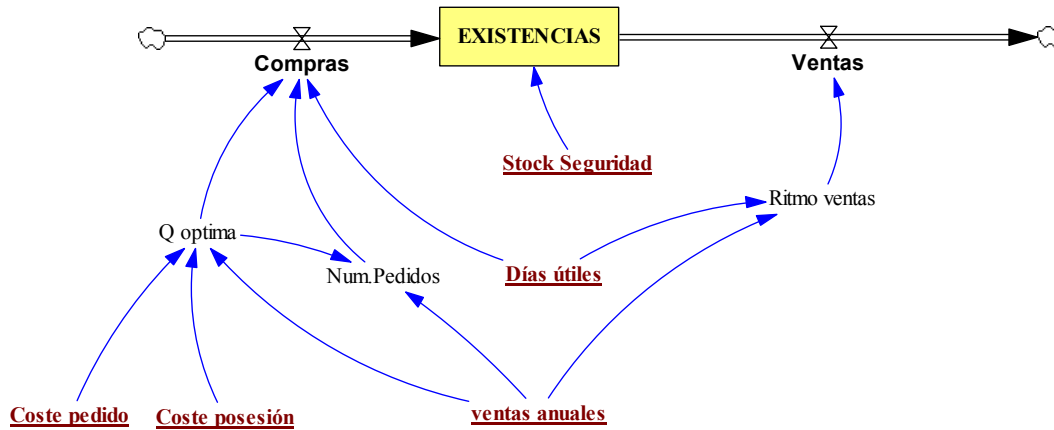
Cuando tenemos el diagrama causal del modelo a representar lo introducimos en el *Vensim*. La primera aproximación sigue siendo ciertamente sencilla:



Pero las dificultades aparecen cuando intentamos instanciar los valores o comportamientos de las compras y las ventas del producto así como del stock de seguridad.

- El stock de seguridad se obtiene a través de un valor fijo: que será el número de unidades del stock de seguridad. Como nos dice uno de los supuestos del modelo de Wilson, el stock de seguridad es invariable y no se producen nunca rupturas de stock. Así que lo hemos hecho es darle un valor inicial y dejarlo invariable el resto de la simulación. Para ello hemos utilizado la función `PULSE()` para darle este valor inicial y dejarlo a cero el resto del tiempo, dado que las existencias mostrarán su evolución acumulando resultados.
- Comportamiento de las compras: como describe el propio modelo y sus supuestos, las entradas en el almacén se realizan por lotes o pedidos de tamaño constante. Así que hemos de utilizar una función `PULSE TRAIN()` que permite crear una función que genera compras (incremento de entradas) periódicamente en el tiempo. Para poderla implementar también necesitamos conocer los valores de la cantidad de unidades que tendrá cada pedido (volumen de pedido óptimo), los días hábiles del período a representar y el número de pedidos que se realizarán en este período.
- Pero para poder calcular el volumen de pedido óptimo nos harán falta otras variables auxiliares de las cuales depende este valor. Concretamente necesitamos el coste unitario de almacenamiento y el coste de cada pedido, además de las unidades producidas o vendidas en el año.
- Comportamiento de las ventas: tal y como nos indica el supuesto es mucho más simple. La demanda del producto es constante, uniforme y conocida. Así pues, podríamos darle el valor que tenga en cada situación concreta a la que le aplicáramos el modelo. Pero creemos más interesante, dado que las ventas son constantes en el tiempo, a relacionarlas con el número de unidades que estimamos vender y los días que tiene el período. Añadimos así una variable adicional calculada que llamaremos ritmo de ventas.

En resumen, introducidas todas estas variables auxiliares y sus correspondientes fórmulas para simular correctamente el comportamiento del modelo de Wilson obtenemos el siguiente diagrama en el *Vensim*:



Mencionar que hemos utilizado el color granate y subrayado para indicar cuales son las variables que deben instanciarse en el sistema para ver el comportamiento de un determinado caso. Las demás variables auxiliares y niveles son calculados.

4. Conclusiones

Para poder hallar resultados, instanciaremos el modelo de Wilson obteniendo información de un problema típico de este estilo [2]:

La empresa RVC, S.A., se dedica a la compra-venta de un tipo especial de lámparas industriales. Cada año compra en Norteamérica y vende en la zona del norte de Europa 100 lámparas. El coste de cada pedido es de 10.000 unidades monetarias y el coste de tener una lámpara almacenada durante un año es de 20.000 unidades monetarias. ¿Cuál es el volumen de pedido? Simula el comportamiento del almacén en el tiempo. Consideraremos 300 días hábiles en nuestro período anual y que su stock de seguridad es de 5 lámparas.

Si introducimos estos datos en las variables auxiliares del modelo generado obtendremos los siguientes resultados:

- El volumen de pedido óptimo es de 10 unidades por pedido.
- El comportamiento del almacén en el tiempo es el que se muestra en la Figura 1 de la siguiente página. Como podemos observar, nos aparece la función de dientes de sierra característica del modelo de Wilson.
- El comportamiento de las compras, tal y como describíamos antes con el PULSE TRAIN, nos dan una función que representa compras periódicas durante el año, dependiendo del número de pedidos, días hábiles y del volumen del pedido. Observemos la Figura 2.

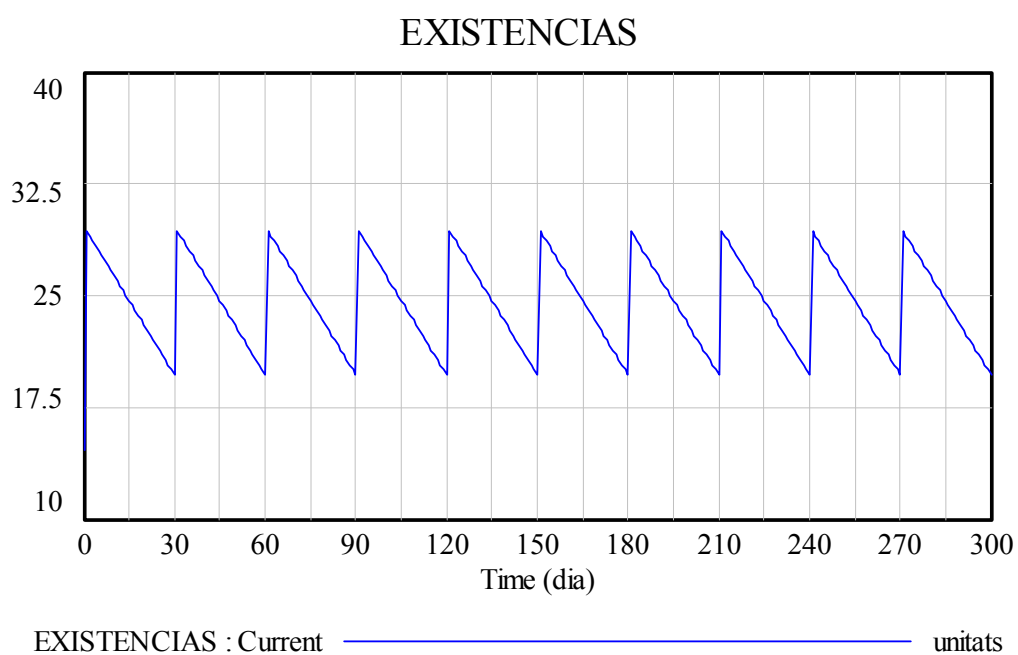


Figura 1. Comportamiento de las existencias

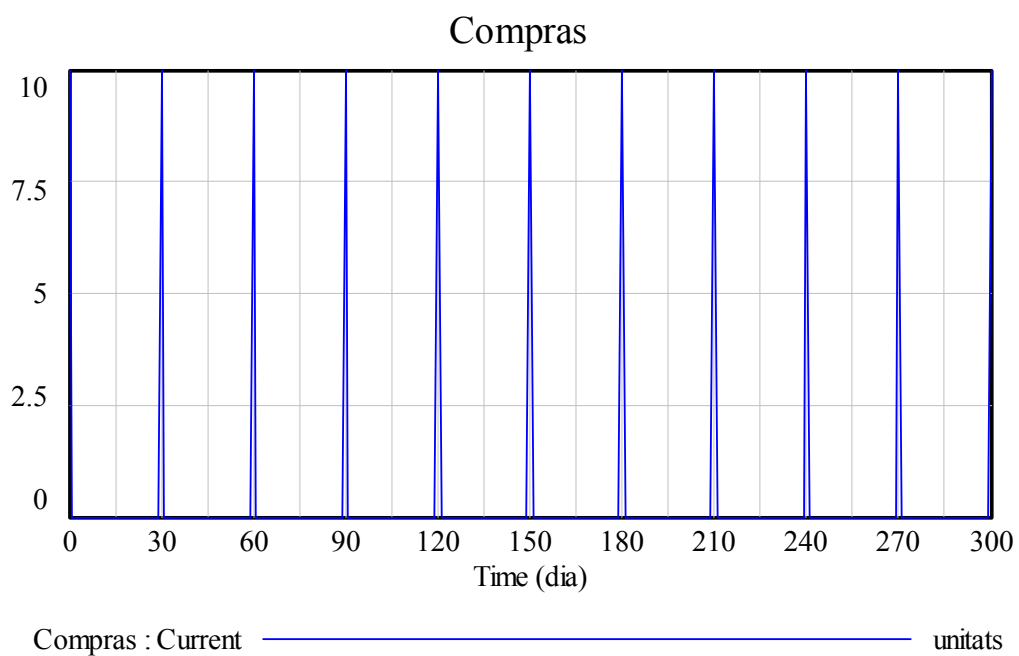


Figura 2. Comportamiento de las compras.

A partir de este modelo inicial podemos añadir otros parámetros al sistema como:

- El precio del producto para realizar cálculos referidos a él. No lo hemos hecho porque, como indican los supuestos, el precio es constante y no influye en la gestión del inventario.
- Añadir funciones de *test* a las variables auxiliares para poder realizar comparativas de comportamiento y verificar el volumen óptimo del pedido.
- Añadir variables que contengan el coste de almacenamiento o posesión y el coste de pedido.
- Añadir funciones de defasaje y aleatoriedad (DELAY y RANDOM) para poder simular las dos principales objeciones que se hacen siempre al modelo de Wilson: no es cierto que la demanda sea constante (siempre hay cierta variación en la demanda) y puede haber retrasos en el plazo de entrega del producto produciendo ruptura de stock.

Referencias

- [1] Martín, J. *Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas*, 2003.
- [2] Casani, F. Llorente, A. Pérez, E. *Economía y Organización de Empresas*, Editex, 1997.