

Modelo de simulación con Promodel para relacionar los principios de utilización y capacidad

Francisca Rojas¹, Luis E. Blanco R.²

¹Fundación Universitaria Cafam, Bogotá, Colombia, francisca.rojas@unicafam.edu.co

²Fundación Universitaria Cafam, Bogotá, Colombia, luis.blanco@unicafam.edu.co

ABSTRACT

This paper, explains flows behaviors and regularities of production systems, based on experimental analysis with a simple model of supply chain. Once, it is possible to establish stable states, also, it is possible to formulate principles and interrelationships. By using animated simulation Promodel® it is also possible to verify principles and relationships.

Nowadays, Industrial engineers are able to predict supply chain behaviors, if they know supply chain structures, entities arrivals distributions, flows and processing, thanks to the scientific work of American professor Wallace Hopp compiled in his book Supply Chain Science.

This paper pretends to understand basic aspects of a supply chain, also, to explain two principles: capacity and utilization and its interrelationships.

EL MODELO DE SIMULACIÓN

En este modelo se trata de comprobar mediante simulación con Promodel®, de una forma muy simple las relaciones y principios, establecidos por el profesor Hopp en su obras *Factory Physics* y *Supply Chain Science*. La primera relación, es el producto de la tasa de producción del cuello de botella (Rb) por el tiempo global en el sistema (To), que equivale a la cantidad “óptima” de inventario en proceso.¹ El tiempo global es la suma de los tiempos de operación del proceso.

$$Wo = Rb \times To \quad (1)$$

La segunda relación es la conocida *Ley de Little*, que considera el *Throughput TH* como un cociente entre el Inventario en Proceso *WIP* y el tiempo de ciclo *CT*.

$$TH = WIP / CT \quad (2)$$

La tercera relación considera la *Capacidad C(n)* de una operación como el cociente entre el tamaño del lote $Q(n)$ de la operación y el tiempo de proceso $Tp(n)$ de la operación n .

$$C(n) = Q(n) / Tp(n) \quad (3)$$

La cuarta relación define la tasa de *Utilización U(n)* de una operación como el cociente entre el producto de la tasa de entrada a la operación $Re(n)$ y el tiempo de proceso de la operación $Tp(n)$ y el tamaño del lote de la operación $Q(n)$.

$$U(n) = (Re(n) \times Tp(n)) / Q(n), \text{ donde } Q(n) > Re(n) \times Tp(n) \quad (4)$$

La operación *cuello de botella*, es la que tiene la mayor tasa de utilización.

En el modelo a simular las entidades (ruedas) llegan a la cola de entrada, y se trasladan a la estación 1, que procesa lotes de 120 unidades cada 2 minutos. De allí, las entidades pasan a la estación 2, que procesa lotes de 30 unidades, cada 5 minutos. Posteriormente, las ruedas pasan a la estación 3 que procesa lotes de 120 unidades cada 10 minutos. Finalmente, las ruedas pasan a la estación 4 que procesa lotes de 30 unidades con un tiempo de 3 minutos, y se dirigen a la cola de salida.

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

La primera corrida se realiza manejando lotes de procesamiento iguales a la capacidad máxima de cada estación. Bajo estas condiciones se manejan los siguientes datos:

Tabla 1: Resultados de la simulación con tamaño de lote igual a la capacidad

¹ Nota de los autores. Se utiliza la palabra “óptimo” en el sentido que es la mejor cantidad de inventario que debe tener el sistema para que no haya colas de espera, ni se presenten desabastecimientos.

Estación	Tasa cuello de botella	Capacidad	R(n)	Utilización%		
1	0,5	60 unid/min	23,94	39,652	TH:	4.1
2	0,2	6 unid/min	4,54	86,78	WIP:	227.3
3	0,1	12 unid/min	4,3	35,79	TC:	55.384
4	0,33	10 unid/min	4,12	41,18		

De acuerdo con los resultados se observa que en la relación $U(n) = (Re(n) \times Tp(n)) / Q(n)$, donde $Q(n) > Re(n) \times Tp(n)$, una menor capacidad, a una misma tasa o flujo de entradas, produce una utilización proporcionalmente más alta. En la segunda relación, *Ley de Little*, se evidencia que el TH alcanza un valor promedio de 4.1 unidades. En este escenario la estación 3 tiene la tasa más baja, por ser el proceso más demorado, pero la estación con mayor utilización es realmente la estación 2, y esta es la estación cuello de botella.

En la segunda corrida se modifica la capacidad de la estación 2, pasando a 60 unidades y modificando el tamaño del lote Q a 60 unidades. La utilización de la estación 2 disminuyó considerablemente, y al mismo tiempo se incrementaron las tasas de entrada a las operaciones 3 y 4. Esto significa que el cuello de botella se trasladó a la estación 4. Adicionalmente, es posible verificar, para la segunda relación, *Ley de Little*, que el TH alcanza un valor promedio de 4.38 unidades, y que ha disminuido el CT en una mayor proporción, aun cuando el WIP también bajó debido a una disminución de la utilización.

Para verificar la incidencia de aumentar la capacidad a través de la adición de máquinas que trabajen en paralelo, se corre un tercer escenario, donde la capacidad de la estación 2 regresa a su valor original, pero se agrega una estación 2.2 con las mismas características. Los resultados obtenidos corroboran la idea de que la capacidad se puede aumentar indistintamente, aumentando la capacidad individual de una estación o aumentando el número de máquinas en paralelo. Los aumentos de la capacidad de la estación cuello de botella hacen que éste se traslade a otras estaciones.

Por otra parte, se verifica el principio de utilización y si el CT se incrementa con la utilización y lo hace más activamente cuando la utilización se aproxima al 100%. En la corrida 1, el CT promedio de las entidades es de 54,17 minutos, y el tiempo promedio de operación de la estación 2 es de 15,088 minutos. En las corridas 2 y 3, el CT promedio de las entidades es de 40,884 minutos, y el tiempo promedio de operación de la estación 2 es de 7,5. De forma similar se comporta la estación 3, cuyos tiempos de operación varían de 18,28 a 12, 5 minutos, para los escenarios 1 y 2 respectivamente.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de la simulación se observa que una menor capacidad, a una misma tasa o flujo de entradas, produce una utilización proporcionalmente más alta; que el CT se incrementa con la utilización y lo hace más activamente cuando la utilización es mayor; que la salida de un sistema no puede exceder a su capacidad representada por la tasa de utilización de la operación cuello de botella; que los aumentos de la capacidad de la estación cuello de botella hacen que éste se traslade a otras estaciones; se evidencia además que la operación con mayor utilización es precisamente la operación cuello de botella, y que una mayor utilización produce efectos negativos en los CT; una relación similar a la Ley de Little, donde el TH calculado como la relación entre el WIP y el CT, disminuye debido a una mayor reducción del CT, con respecto al cambio en el WIP, cuando se provoca la disminución de la utilización. Se comprobó que la relación $C(n) = Q(n) / Tp(n)$, puede modificarse aumentando el tamaño del lote, lo que quiere decir aumentar la capacidad individual de una estación, o también, aumentando el número de máquinas en paralelo.

REFERENCIAS

- Blanco R. Luis E., Fajardo P. Iván D., (2001) “*Simulación con Promodel- Casos de Producción y Logística*”, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, Colombia.
- Goldratt, Eliyahu, Jeff Cox, (1992) “La meta un proceso de mejora continua. North River Press Publishing Corporation, USA.
- Hopp Wallace, (2007) “*Supply Chain Science*”, McGraw Hill – Irwin, USA.
- Hopp Wallace, Spearman Mark, (1996) “*Factory Physics – Foundations of Manufacturing Management*”, McGraw Hill, USA.

² Porcentaje del tiempo en el que trabaja a *capacidad completa*