

Selección de la cadena de suministro utilizando métodos multicriterio.

Conde Collado, J.¹; Conde Jiménez, B.²

¹Departamento de Economía y Empresa, ETSII de la UNED, c/ Juan del Rosal nº 12, 28040-Madrid, jconde@ind.uned.es

Palabras clave: Diseño y selección de la cadena de suministro, SCOR AHP, PGP

1. Introducción

Esta comunicación se plantea, a partir de los trabajos de Wang et al. (2004) el diseño y selección de una configuración óptima, según una métrica predefinida, de la cadena de suministro. Los trabajos sobre selección de la cadena de suministro en base a herramientas de investigación de operaciones se han realizado sin considerar aspectos de fabricación. La investigación reciente ha remarcado la importancia de la consideración de las características del producto y su ciclo de vida en el diseño de la cadena de suministro. El proceso de toma de decisiones parece conveniente que sea guiado por métricas de rendimiento. Wang et al. (2004) adoptan una métrica de rendimiento: SCOR, referencia de operaciones de la cadena de suministro y una metodología de toma de decisiones multicriterio basada en AHP (analytic hierarchy process) y programación por objetivos preemptive (PGP), que determina matemáticamente la cantidad de pedido óptima para los suministradores elegidos.

2. Características del producto y estrategia de la cadena de suministro.

Huang et al. (2002) categorizan a los productos en tres tipos:

- Funcional: cuya demanda puede pronosticarse con precisión y su cuota de mercado no varía sensiblemente, con largos ciclos de vida y con modificaciones superficiales que conducen a tipos de productos diferentes.
- Innovador: nuevos productos desarrollados para conseguir mayores cuotas de mercado, más adaptados a los requerimientos del cliente, a veces representan una cierta ruptura en el diseño de productos.
- Híbridos: o diferentes combinaciones de componentes funcionales o mezclas de funcionales e innovadores.

También las cadenas de suministro se han categorizado en tres clases:

LSC (lean supply chain): que emplea la mejora continua con objeto de eliminar desperdicios o paradas que no añaden valor. La reducción de los tiempos de preparación y cambio de formato permiten el trabajo rentable en pequeñas series. Alcanzan reducciones de costes, flexibilidad y respuesta rápida a los requerimientos del cliente.

Consiguen altos rendimientos cuando la demanda es estable y puede ser prevista con precisión. Preferencian la eficiencia en costes a la respuesta responsable con el cliente.

ASC (agile supply chain): se orienta a responder a mercados aleatorios. Intentan alcanzar suministros rápidos y flexibilidad en los lead-times. Utilizan nuevas tecnologías de la información y del intercambio de datos. Tiene en cuenta aspectos ligados a la organización y al conocimiento, integran los procesos de negocio, estimula la innovación, forma compañías virtuales.

HSC (hybrid supply chain): Según Huang et al. (2002), partiendo de productos genéricos posponen su diferenciación hasta el montaje final (montaje bajo pedido). La demanda puede ser prevista con precisión.

La interfase entre mercado y empresa debe ser ágil para comprender y satisfacer los requerimientos del cliente en base a una respuesta rápida, siendo adaptable e innovadora. La idea que se maneja es que tipos de productos diferentes en fases distintas de su ciclo de vida requieren estrategias de cadena de suministro diferentes.

3. Metodologías de selección de la cadena de suministro.

Weber et al. (1991) resumieron la literatura desde los 60 y Ghodsypur y O'Brien (1998) la completaron. Estos últimos reconocieron que el problema contiene criterios no sólo cuantitativos, utilizando ya el AHP y la programación lineal. Aquí nos distanciamos, siguiendo a Wang, de su planteamiento abordando una estrategia de diseño de la cadena de suministro orientado al producto. En esta comunicación se va más lejos, revisando la métrica SCOR del SCC (Supply Chain Council) y proponiendo algunas métricas de rendimiento nuevas como precisión en la entrega, o adaptabilidad y capacidad de negociación continuada.

A fin de completar junto a Wang lo que Weber y Ghodsypur y O'Brien esquematizaron, pueden resumirse las contribuciones en este campo asociando a algunos autores relevantes a tres categorías de problemas estudiados:

Problemas relativos a la identificación y el análisis de los criterios, donde es posible destacar los trabajos de Stamm y Golear (1993), Ellram (1990) y Choi y Hartley (1996).

Problemas relativos a las estrategias, en los que debe destacarse a Davidrajuh (2003) y muy especialmente a Huang et al. (2002) y Fisher (1997) que sentaron las bases de los modelos orientados al producto.

Problemas orientados a la optimización en los que autores como Anthony y Buffa (1977), Kingsman (1986), Pan (1989), Rosenthal et al. (1995), Chaudhry et al. (1993), Sharma et al. (1989), Liu et al. (2000), Weber y Current (1993), Benton (1991), etc. Utilizaron técnicas habituales como la programación lineal, entera mixta, por objetivos o no-lineal.

4. Proceso jerárquico analítico (AHP)

Se trata de una herramienta de análisis multicriterio utilizada para la toma de decisiones. Descompone un problema de decisión complejo en una estructura jerárquica de

objetivos, criterios, subcriterios y alternativas, siendo Saaty uno de sus principales artífices y habiendo sido aplicado con profusión a problemas de fabricación. Lin y Yang (1996), Andijani y Anwarul (1997), Liu et al. (1999), Jiang and Wicks (1999), Chang et al. (2000), han sido algunos de los investigadores que han aplicado el AHP a las áreas de producción. Una de las ventajas del AHP es que supone una estructura del modelo simple, flexible y de fácil comprensión.

5. Planteamiento y definición del problema

Se trata de un problema complejo ubicado en el más completo del diseño de la cadena de suministro. En él intervienen consideraciones y medidas cuantitativas, pero también aspectos cualitativos ligados a la incertidumbre. En ese sentido se precisan metodologías que permitan la intervención de ambos tipos de variables.

En términos generales el problema puede plantearse inicialmente como hace Wang de la siguiente manera:

Una empresa A produce m productos P_i (siendo $i = 1,2,3,\dots,m$, el índice de cada producto) que están compuestos, cada uno, por n_i componentes básicos, que deben ser suministrados. Cada componente suministrado C_{ij} (siendo $j = 1,2,3,\dots, n_i$, el índice de cada componente) existen k_{ij} suministradores potenciales. Cada suministrador potencial S_{ijx} (siendo $x = 1,2,3,\dots, k_{ij}$, el índice de cada suministrador) tiene una capacidad de producción R_{ijx} . Conforme al plan de producción, la empresa A comprará T_{ij} unidades del componente C_{ij} a uno o más suministradores, en base a sus criterios de selección. Así, deberá elegir qué suministradores le abastecerán y en qué cantidades.

6. La métrica SCOR (Supply chain operations reference)

Esta métrica que fue construida por el SCC (Supply chain council) en 1999, es un modelo diseñado para poder ser utilizado en todo tipo de industrias.

El modelo SCOR plantea 12 métricas de rendimiento de la cadena de suministro agrupadas en cuatro categorías:

Fiabilidad del suministro:

- DR1 Rendimiento del suministro
- DR2 tasa de cumplimentación
- DR3 ciclo de cumplimentación del pedido
- DR4 cumplimentación correcta del pedido

Flexibilidad y respuesta

- FR1 tiempo de respuesta de la cadena de suministro
- FR2 flexibilidad de la producción

Coste

- CT1 coste total de la gestión logística
- CT2 productividad del valor añadido
- CT2 coste de garantía o de retorno

Assets

- AT1 período de maduración
- AT2 días de inventario de suministro
- AT3 turns assets

Obviamente, estas métricas se utilizan como criterios estándar para evaluar el rendimiento de la empresa. Obviamente la metodología sigue siendo válida con otra metodología. En nuestro caso, añadimos otra categoría a la métrica:

Variabilidad

- VR1 Precisión en la determinación del servicio
- VR2 precisión en la entrega

Dinámica

- DN1 adaptabilidad a cambios en los requerimientos
- DN2 capacidad de negociación continuada

En principio, éstas dos nuevas categorías pueden, como las otras cuatro, agregarse al nivel II (criterios), en cuyo caso se denominará métrica SCOR ampliada I, pero también podrían contemplarse como un nivel anterior, ya que la variabilidad y el tiempo son aspectos que pueden a su vez aplicarse a cada una de las métricas iniciales con lo que tendríamos así 48 métricas básicas. La métrica, en éste último caso se denominará SCOR ampliada II.

7. Modelo jerárquico propuesto

Se aplica el AHP y la PGP a partir de una aproximación de descomposición y síntesis. El proceso comienza con la descomposición del problema de toma de decisiones multicriterio en base a las cuatro componentes y correspondientes subcomponentes que plantea el SCC, o con la descomposición ampliada.

El proceso continúa con la construcción de la jerarquía (figura 1) y la comparación entre las diferentes alternativas de decisión; con posterioridad se efectúa el cálculo de los pesos de los criterios y el cálculo de la puntuación de cada alternativa de suministro y la selección de la mejor.

Una vez obtenido el suministrador óptimo y sin desconsiderar a las demás alternativas, mientras no se expresen las posibles restricciones, la programación PGP determina, finalmente, para él la cantidad de pedido óptima.

En la figura 1 a y b, se describen los dos modelos propuestos, ambos a partir de la métrica SCOR ampliada. En la figura 1^a aparece la jerarquía construida a partir de la métrica SCOR ampliada a los dos criterios propuestos (métrica SCOR ampliada I). En la figura 1b aparece el segundo caso en el que se cruzan los cuatro criterios de la métrica SCOR convencional con los dos propuestos, lo que amplía considerablemente los cálculos, pero quizás permite al trabajar con dos dimensiones, mayor profundidad analítica.

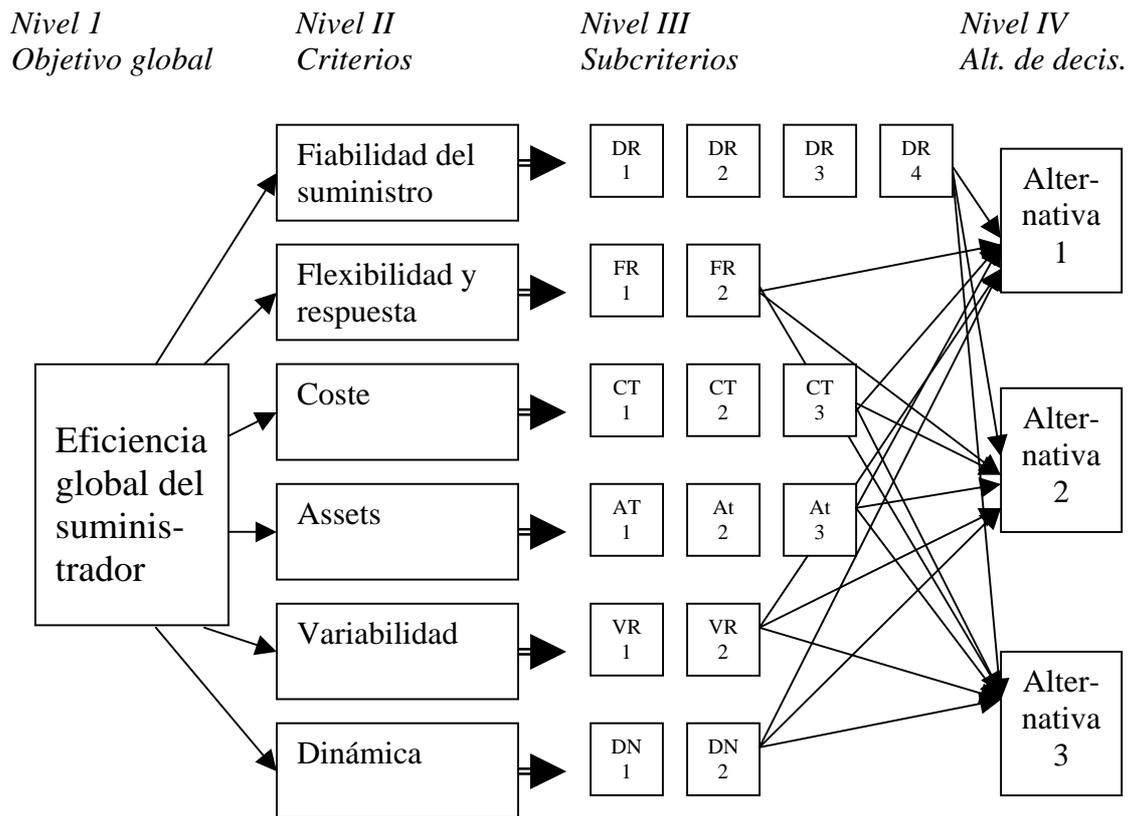


Figura 1.a . Modelo AHP para la métrica SCOR ampliada I.

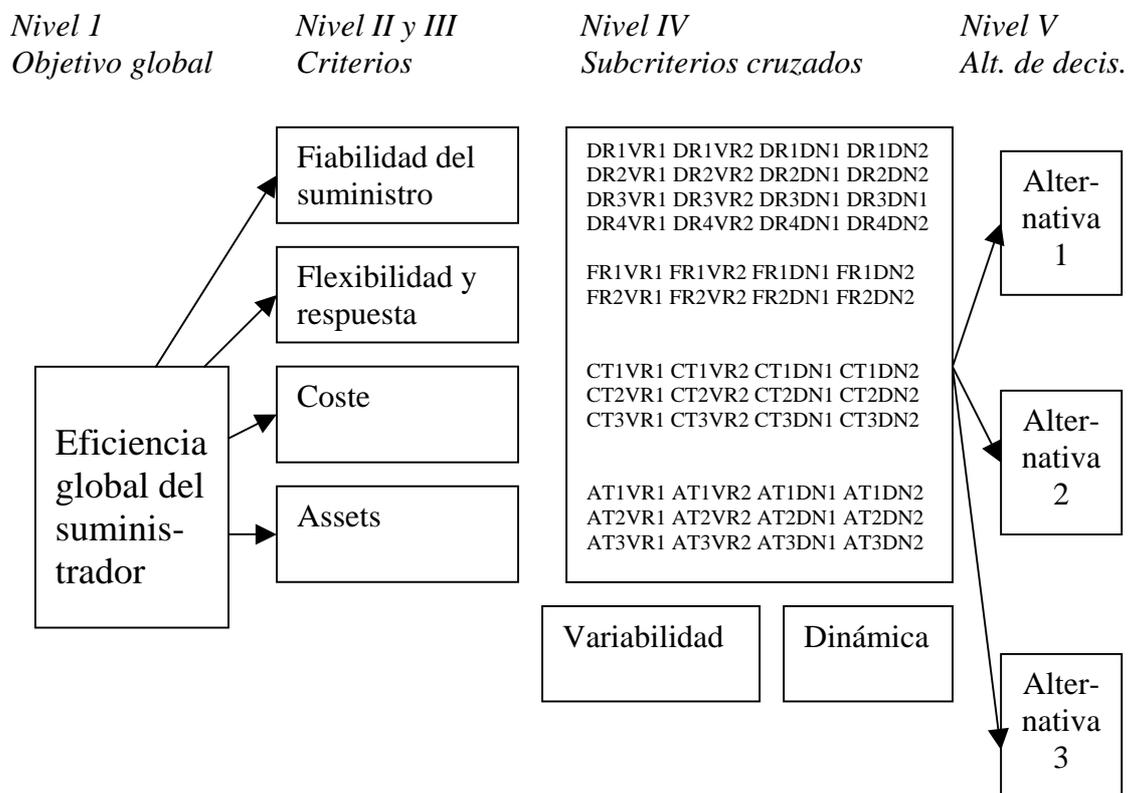


Figura 1.b. Modelo AHP para la métrica SCOR ampliada II.

8. Algoritmo integrado AHP-PGP

A continuación, siguiendo a Wang, se resumen los pasos del algoritmo:

Fase A. Proceso de descomposición y síntesis utilizando AHP.

- *Paso 1. Proceso de descomposición.* En primer lugar, se determina el objetivo global, generalmente alcanzar la eficiencia máxima. A continuación, se elige una métrica válida (SCOR, SCOR ampliada I o SCOR ampliada II).
- *Paso 2. Confección de la jerarquía.* Se diseña la jerarquía, tal y como se ha reflejado en la figura 1.
- *Paso 3. Proceso de comparación y priorización de los criterios y subcriterios.* Se compara cada par de elementos del nivel II, entre sí, a fin de determinar la importancia relativa de dichos elementos. Se continúa con el nivel III. En base a las características del producto y las estrategias de la cadena de suministro, se determina mediante expertos la importancia relativa de los criterios y los subcriterios.
- *Paso 4. Proceso de comparación y priorización de las alternativas de suministro.* De la misma forma que en el paso anterior se comparan de dos en dos y se priorizan las diferentes alternativas de suministro, en base a los subcriterios.
- *Paso 5. Cálculo de los pesos de los criterios.* La matriz de comparaciones permite, utilizando el método de Saaty calcular los pesos de cada atributo.
- *Paso 6. Cálculo de la puntuación global de cada suministrador a partir de la síntesis jerárquica.* Mediante la integración de los pesos asignados a cada criterio y de la priorización de los suministradores, se puede determinar una puntuación global para cada suministrador teniendo en cuenta todos los criterios, lo que permite llevar a cabo el proceso de evaluación global.
- *Paso 7. Toma de decisiones global.* Se entiende que el suministrador que posee la mayor puntuación es la mejor elección. Sin restricciones de capacidad el problema estaría resuelto, en otro caso, se pasaría a la fase B.

Fase B. Construcción del modelo PGP. A partir de las restricciones particulares es posible plantear el modelo de programación interrumpida por objetivos. Estas restricciones pueden referirse a la capacidad limitada de suministro, el número de suministradores requerido, etc. SE utilizará las puntuaciones conseguidas por cada suministrador como coeficientes de la función objetivo; de esta forma se pueden asignar cantidades de pedido a los suministradores seleccionados.

- *Paso 8. Determinación de las variables y parámetros de la programación por objetivos.*

Como variables se definen:

Q_x	Cantidad de compra al suministrador x
E_f	Exceso para el objetivo o prioridad f
U_f	Defecto para el objetivo o prioridad f

Donde

x	índice del suministrador, $x = 1, 2, 3, \dots, k_{ij}$
f	índice del objetivo o prioridad, $f = 1, 2, 3, \dots, F$

Los parámetros serían:

T_{ij}	Demanda del cliente para la componente j del producto i.
TVP	Valor total de la compra
TCP	Coste total de la compra
D_x	Coste de compra unitario del suministrador x
R_x	Capacidad de producción del suministrador x
F	Número de metas o prioridades definidas en el paso posterior.
k_{ij}	Número total de alternativas potenciales para la componente j del producto i.
W_x	Peso AHP para el suministrador x

- *Paso 9. Determinación de las prioridades*

Prioridad 1. Maximizar el TVP

$$\sum_{x=1}^{k_{ij}} W_x^* Q_x + U_1 - E_1 = TVP$$

Prioridad 2. Minimizar el coste total de la compra

$$\sum_{x=1}^{k_{ij}} D_x^* Q_x + U_2 - E_2 = TCP$$

- Paso 10. Encontrar la solución óptima. Utilizando cualquier paquete comercial es posible encontrar qué suministradores x son elegidos (para $Q_x > 0$) y cuantos productos necesitan suministrar.

En esta comunicación se introducen consideraciones nuevas en relación con las restricciones que deben plantearse y las prioridades.

Conclusiones

El método analizado SCOR-AHP-PGP permite encontrar el mejor conjunto de múltiples suministradores para satisfacer las limitaciones de capacidad. El modelo permite asignar estrategias de cadena de suministro como LSC, ASC y HSC a situaciones y escenarios diversos que recogen productos con características y ciclos de vida diferentes.

Referencias

Andijani, A.A., Anwarul, M., (1997), Manufacturing blocking discipline: A multicriterion approach for buffer allocations. *International Journal of Production Economics* 51 (3), 155-163.

Anthony, T.F., Buffa, F.P., (1977), Strategic purchasing scheduling *Journal of Purchasing and Material Management* 13 (3), 27-31.

Benton, W.C., (1991), Quantity discount decision under conditions of multiple items, multiple suppliers and resource limitation. *International Journal of production Research* 29 (10),m 1953-1961.

Wang, G.; Huang, S. H.; Dismukes, J.P. (2004). Product-driven Supply Chain selection using integrated multi-criteria decisión-making methodology, *International Journal Production Economics* 91, 1-15.

Huang, S.H.; Uppal, M.; Shi, J. (2002). A product driven approach to manufacturing supply chain delection. *Supply Chain Management: An International Journal* 7 (3/4), 189-199.