

La Planificación Agregada como Instrumento Integrador de las Áreas Funcionales de la Empresa: Estado del Arte y Perspectivas

Orlando Dante Boiteux¹, Albert Corominas², Amaia Lusa²

¹ Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales. Orlando.Boiteux@upc.edu

² Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales y Dpto. de Organización de Empresas.

Albert.Corominas@upc.edu, Amaia.Lusa@upc.edu

Universitat Politècnica de Catalunya. Av. Diagonal, 647, p 11, 08028, Barcelona.

Resumen

La planificación agregada se refiere a las decisiones tácticas para determinar las actividades y los recursos de la empresa a medio plazo. El plan agregado debe ser coherente con el plan estratégico, a largo plazo, y su desagregación progresiva determina planes y programas operativos, a corto plazo. La planificación agregada puede ser la principal herramienta formal de coordinación de las áreas funcionales de la empresa. En este trabajo se presenta la evolución de los diversos enfoques, e instrumentos que han sido propuestos para la planificación agregada desde sus orígenes y algunas aplicaciones significativas. Se analiza críticamente la situación actual de la planificación agregada en la docencia y en la investigación, se apuntan las posibles causas de este estado de cosas y se propone un programa de investigación orientado a que la planificación agregada pueda cumplir el papel que le corresponde en la gestión de la empresa.

Palabras clave: Planificación agregada, planificación de la producción

1. Introducción

La planificación agregada (PA) se refiere a la determinación de la cantidad de producción, los niveles de inventario, la cantidad de recursos necesarios y el tamaño de la plantilla en cada periodo de tiempo, con el fin de satisfacer la demanda para un horizonte temporal de planificación específico a medio plazo. Singhal y Singhal (2006a) expresan que la PA puede cumplir una función de coordinación de las decisiones tácticas correspondientes a las diversas áreas funcionales de la empresa.

Habitualmente el proceso de planificación de actividades, como es sabido, se lleva a cabo jerárquicamente: en el nivel de planificación estratégica se adoptan, entre otras, las decisiones de inversión relativas a la capacidad productiva; el nivel siguiente, la planificación agregada, corresponde al medio plazo (vg., un año) dividido en periodos de, por ejemplo, un mes, y en el que se trabaja con productos y recursos agregados. Habitualmente, la planificación estratégica corresponde a la dirección general y la PA y los niveles que se sitúan por debajo de la misma se inscriben en el área de producción, la cual recibe, procedente del área comercial, una previsión de demanda a la que intenta ajustar la producción con el menor coste posible, considerando como variables, generalmente, la dimensión de la plantilla, las horas extras y el nivel de producción en cada período.

Este alcance limitado, contrapuesto a la mencionada visión de Singhal y Singhal (2006a), es coherente con el tratamiento de la PA en los libros de texto y manuales profesionales e incluso en muchos artículos publicados en revistas especializadas. Por ejemplo, en un libro de amplia difusión (Heizer y Render, 2001) la planificación agregada se define como “un método para determinar la cantidad de producción y su desarrollo en el tiempo a medio plazo”. Esta visión de la PA limita las ventajas que la empresa puede obtener de este nivel de planificación, ya que

sólo consideran las decisiones relativas a la producción y, de forma muy simple, algunas de las correspondientes a la gestión del personal.

Pese a que ya en Charnes et al. (1959) mencionan una posible integración de la planificación de la producción y de las finanzas, esta propuesta de integración ha tenido poco eco. Damon y Schramm (1972) extienden el modelo de Holt, Modigliani, Muth y Simon (1955) incorporando variables que representan al área comercial y a la gestión financiera, para integrar las decisiones correspondientes a estas áreas. Kirca y Köksalan (1996), en esta misma línea, desarrollan un modelo de planificación agregada que incorpora decisiones de producción y de finanzas. Chien y Cunningham (2000) proponen un procedimiento basado en hojas de cálculo para integrar decisiones de diversas áreas funcionales de la empresa.

En este trabajo se presenta el estado del arte sobre modelos y procedimientos para la planificación agregada. El análisis de la literatura permite detectar las limitaciones de los modelos propuestos así como sugerir nuevas líneas de investigación que lleven a la PA a convertirse en un instrumento para prever e integrar, a medio plazo, las actividades de las principales áreas funcionales de la empresa y para garantizar la coordinación de las mismas, mejorando de esta forma la eficiencia y los beneficios globales.

2. Antecedentes

Aunque el concepto de planificación agregada se encuentra ya en el libro *The New Economy* (1918), de Walter Rathenau (Urwich y Brech, 1984) y también en Alford (1945), el trabajo que se considera seminal en cuanto a la formalización de la PA es el de Holt et al. (1955), a partir del cual el tema se incluye en los libros de texto en materia de dirección de operaciones (Buffa, 1968; Hax, 1978) y proliferan artículos que proponen modelos o que describen aplicaciones.

1.1. Métodos para la PA

Para la resolución del problema de la planificación agregada de la producción, la mayoría de los métodos se pueden clasificar en tres grupos: comparación de alternativas; reglas de decisión y programación matemática.

- Los métodos de comparación de alternativas consisten en generar varios planes alternativos y seleccionar uno en función de uno o más criterios. Para ello puede hacerse uso de gráficos y de hojas de cálculo. Alford (1945) presenta ya un método gráfico para planificar la producción a nivel agregado; los libros de texto suelen incluir presentaciones análogas.
- Los métodos con reglas de decisión proporcionan un plan agregado (nivel de producción, tamaño de la plantilla, horas extras, niveles de stock, entre otros) a partir de los datos (pronósticos de demanda, costes, stock actuales, etc.), mediante un conjunto de expresiones matemáticas que pueden ser lineales o no. Holt et al. (1955) formalizan la PA mediante el método de la *regla de decisión lineal (LDR)*, el cual se basa en el desarrollo de una función cuadrática de los costes asociados con la nómina regular, cambios en la cantidad de producción, stock, horas extras, nuevas contrataciones y despidos, de la cual se obtienen, derivando e igualando a cero para minimizar el coste total, dos reglas de decisión lineal para calcular el nivel de producción y el tamaño de la plantilla del siguiente periodo, usando pronósticos agregados de ventas. El procedimiento proporciona resultados óptimos para funciones de costes cuadráticas y sin presencia de restricciones, todo lo cual no tiene porque ser cierto en la realidad. El modelo de Holt, Modigliani, Muth y Simon (HMMS) dio lugar a extensiones, como el *modelo LDR y la capacidad de la planta* (Sypkens, 1967), el *método*

SDR o de la regla de decisión por búsqueda (Taubert, 1968) o el *método LDR con múltiples productos y ciclos largos de producción* (Chang y Jones, 1970). Por otra parte, en Bowman (1963) se propone el denominado *modelo de los coeficientes de la dirección*.

- El primer modelo de programación matemática para PA es el de Bowman (1956), en el que se asimila la PA a un problema de transporte. Hanssman y Hess (1960) construyen un modelo de programación lineal para la planificación agregada que es equivalente al modelo LDR en su estructura general. Para la PA se han propuesto numerosos modelos de programación matemática: de programación lineal (PL), de programación lineal entera mixta (PLEM) y de programación no lineal (PNL).
- Después de la década de los 70s no se han propuesto enfoques esencialmente nuevos para la PA. Existe, no obstante, un gran número de aplicaciones y extensiones de los modelos mencionados anteriormente, que son enumeradas y clasificadas en un *survey* elaborado por Nam y Logendran (1992). Estos autores presentan un esquema de clasificación de las técnicas de planificación agregada, entre 1953 y 1990, en dos grandes grupos: uno corresponde a las técnicas que alcanzan soluciones óptimas y el otro a procedimientos heurísticos, que no las garantizan.

1.2. Antecedentes actuales

Los trabajos más recientes sobre PA se pueden clasificar según el alcance de la integración de las áreas funcionales de la empresa, como se mencionan a continuación:

- En primer lugar, trabajos que sólo contemplan el área de producción con dimensiones fijas de la plantilla, como Tadei et al. (1995), con un modelo de programación lineal entera mixta, y Techawiboonwong y Yenradee (2003), que consideran el empleo de trabajadores polivalentes para adaptar la capacidad de producción a la demanda sin necesidad de recurrir a variaciones de la plantilla.
- En segundo lugar, los que contemplan el área de producción y decisiones de variaciones en el tamaño de la plantilla. Dobos (1996) plantea un modelo basado en una ley de control óptimo continuo; Hsieh y Wu (2000), un modelo estocástico; Fung et al. (2003) y Tang et al. (2003), modelos de programación no lineal con lógica difusa; Leung et al. (2003), un modelo de programación lineal por metas; Leung et al. (2006), un modelo estocástico con una distribución de probabilidad sobre los pronósticos de demanda; Wang y Liang (2004), un modelo de programación lineal multi-objetivo para un entorno de variables de lógica difusa; Gomes da Silva et al. (2006), un modelo multicriterio de programación lineal entera mixta.
- En tercer lugar, los trabajos que contemplan el área de producción y modalidades de organización flexible del tiempo de trabajo. Corominas et al. (2002), Lusa (2003), Corominas et al. (2004) y Corominas et al. (2007) proponen modelos de programación lineal entera mixta (PLEM) para la planificación del tiempo de trabajo de una plantilla con jornada anualizada; Corominas et al. (2006), un modelo de programación lineal para las cuentas de horas de trabajo, *working time accounts* (WTA).
- En cuarto lugar, las propuestas que integran el área de producción y el área financiera. Damon y Schramm (1972) presentan modelos secuenciales de programación no lineal, basados en reglas de decisión del modelo HMMS; Chien y Cunningham (2000) proponen un sistema de hojas de cálculo con decisiones secuenciales; Kirca y Köksalan (1996), un

modelo de programación lineal que integra la planificación de la producción y la planificación financiera.

3. Análisis y perspectivas

Desde hace algún tiempo, la literatura especializada hace énfasis, en torno al concepto de cadena de suministro, en la necesaria coordinación de todos los elementos de la cadena y en los beneficios que se derivan de dicha coordinación. En cambio, con pocas excepciones (como Singhal y Singhal, 2006a), no se insiste específicamente en la necesidad de coordinar las diversas áreas funcionales de la empresa ni en el uso de la planificación agregada como un instrumento idóneo para este fin.

Además, el sistema rígidamente jerárquico de planificación, por una parte, y los grados de agregación que se proponen para la PA, por otra, en los libros de texto y en los manuales profesionales parecen reflejar las limitaciones en los instrumentos de modelización y de resolución disponibles en momentos anteriores (tales como, digamos, hace veinte años).

La posibilidad de resolver modelos de grandes dimensiones permite integrar en los mismos decisiones correspondientes a diversas áreas funcionales de la empresa, una mayor desagregación del tiempo, de los productos, de los recursos y de las actividades, lo que difumina la frontera entre la PA y los niveles inferiores de la jerarquía de planificación. Por otra parte, cabe incluir en los modelos de PA algunas decisiones que pueden considerarse estratégicas, relacionadas con recursos que modifican la capacidad productiva.

Finalmente, la logística inversa, que es una realidad en muchas cadenas de suministro y lo será pronto en muchas más, no aparece en los modelos de planificación agregada, pese a que su impacto en las decisiones tácticas puede ser muy importante.

En resumen, existe una diferencia importante entre las posibilidades actuales de la PA, derivadas de la maduración de conceptos y de la mejora espectacular en los instrumentos de modelización y de cálculo, y lo que se propone en los materiales docentes (vg., Davis et al., 2001), en los textos más difundidos entre profesionales (vg., Salvendy ed., 2001) y en muchos trabajos de investigación (vg., Gomes da Silva et al., 2006 o Wang y Liang, 2005). Este hecho ilustra un problema más general que afecta a la docencia y también a la investigación en el ámbito del diseño y gestión de la cadena de suministro. Se trata de que una buena parte de las ideas y de las técnicas recogidas en los materiales de estudio y de consulta se generaron en los primeros años de la segunda mitad del siglo pasado y en algunos casos se siguen exponiendo de forma similar a como fueron concebidas mientras que en otros se han ido difuminando hasta resultar inoperantes por falta de concreción. Esto último es lo que sucede, en muchas ocasiones, en relación con la planificación agregada; en algunos textos parece citarse como de forma obligada, impuesta por la tradición, pero sin voluntad aparente de explicar realmente qué es, para qué sirve y cómo se pone en práctica. Tal vez, por una justificada falta de confianza en las herramientas propuestas en los textos precedentes (ciertamente, a estas alturas, es muy dudoso que exista alguna empresa a que pudiera serle útil el modelo HMMS, por ejemplo).

Por consiguiente, parece oportuno proponer un programa de investigación que actualice los conceptos y los instrumentos relativos a la planificación agregada: modelos más desagregados que los tradicionales y que integren, junto a las decisiones tácticas directamente relacionadas con la producción las relativas a la gestión financiera a corto plazo, a la organización del tiempo de trabajo, a las compras, al *marketing* y a la logística inversa. Por supuesto, este enfoque dará lugar a modelos más complejos y de mayores dimensiones que los propuestos hasta ahora,

cuya resolución puede resultar prohibitiva incluso para los potentes optimizadores disponibles actualmente. Por consiguiente, el programa de investigación debe incluir también el desarrollo de algoritmos heurísticos capaces de resolver eficientemente los modelos.

Todo ello debería de contribuir a realzar el papel de la planificación agregada como un instrumento de gran utilidad para prever las actuaciones coordinadas de las diversas áreas funcionales de la empresa. Y también debería reflejarse en los contenidos de la docencia, para que esta resultara más útil a estudiantes y a empresas.

Referencias

- Alford, L.P. (1945). *Production Handbook*. The Ronald Press Co.
- Bowman, E.H. (1956). Production Scheduling by the Transportation Method of Linear Programming. *Operations Research*, 4, 1, 100-103.
- Bowman, E.H. (1963). Consistency and Optimality in Managerial Decision Making. *Management Science*, 9, 2, 310-321.
- Buffa, E.S (1968). *Operations Management; Problems and Models*. John Wiley & Sons.
- Chang, R. H.; Jones, C.M. (1970). Production and Workforce Scheduling Extensions. *AIIE Transactions*, 2, 4, 326-333.
- Charnes, A.; Cooper, W.W.; Miller, M.H. (1959). Application of linear-programming to financial budgeting and the costing of funds. *Journal of Business*, 32, 1, 20-46.
- Chien, Y.I.; Cunningham, W.H.I. (2000). Incorporating production planning in business planning: a linked spreadsheet approach. *Production Planning & Control*, 11, 3, 299-307.
- Corominas, A.; Lusa, A.; Pastor, R. (2002). Using MILP to plan annualised hours. *Journal of the Operational Research Society*, 53, 1101-1108.
- Corominas, A.; Lusa, A.; Pastor, R. (2004). Planning Annualised Hours with a Finite Set of Weekly Working Hours and Joint Holidays. *Annals of Operations Research*, 128, 217-233.
- Corominas, A.; Lusa, A.; Pastor, R. (2007). Planning annualised hours with a finite set of weekly working hours and cross-trained workers. *European Journal of Operational Research*, 176, 1, 230-239.
- Corominas, A.; Olivella, J.; Pastor, R. (2006). Capacity planning with working time accounts in services. Working paper IOC-DT-P-2006-27. UPC. Barcelona. Spain.
- Damon, W.W.; Schramm, R. (1972). A simultaneous decision model for production, marketing and finance. *Management Science*, 9, 2, 161-172.
- Davis, M.M.; Chase, R.B.; Aquilano, N.J. (2001). *Fundamentals of Operations Management*. (3^a ed.). McGraw-Hill.
- Dobos, I. (1996). Aggregate planning with continuous time. *International Journal of Production Economics*, 43, 1-9.
- Fung, R.Y. K.; Tang, J.; Wang, D. (2003). Multiproduct aggregate production planning with fuzzy demands and fuzzy capacities. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Human*, 33, 3, 302-313.
- Gomes da Silva, C.; Figueira, J.; Lisboa, J.; Barman, S. (2006). An interactive decision support system for an aggregate production planning model based on multiple criteria mixed integer

- linear programming. *OMEGA, The International Journal of Management Science*, 34, 167-177.
- Hanssmann, F.; Hess S.W. (1960). A Linear Programming Approach to Production and Employment Scheduling. *Management Technology*, 1, 46-54.
- Hax, A.C. (1978). *Handbook of Operations Research. Models and Applications*. Litton Educational Publishing ed.
- Heizer, J.; Render, B. (2001). *Dirección de la producción-Decisiones tácticas*. (6^a ed). Prentice-Hall Iberia.
- Holt, C.C.; Modigliani, F.; Muth J.F.; Simon H.A. (1955). A Linear Decision Rule for Production and Employment Scheduling. *Management Science*, 2, 1, 1-30.
- Hsieh, S.; Wu, M. (2000). Demand and cost forecast error sensitivity analyses in aggregate production planning by possibilistic linear programming models. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 11, 355-364.
- Kirca, Ö.; Köksalan, M.M. (1996). An integrated production and financial planning model and an application. *IIE Transactions*, 28, 677-686.
- Leung, S.C.H.; Wu, Y.; Lai, K.K. (2003). Multi-site aggregate production planning with multiple objectives: a goal programming approach. *Production Planning & Control*, 14, 5, 425-436.
- Leung, S.C.H.; Wu, Y.; Lai, K.K. (2006). A stochastic programming approach for multi-site aggregate production planning. *Journal of the Operational Research Society*, 57, 2, 123-132.
- Lusa, A. (2003). *Planificación del tiempo de trabajo con jornada anualizada*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Nam, S.; Logendran, R. (1992). Aggregate production planning - A survey of models and methodologies. *European Journal of Operational Research*, 61, 255-272.
- Salvendy, G. (ed.).(2001). *Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management* (3^a ed.).Wiley.
- Singhal, J.; Singhal, K. (2006a). Holt, Modigliani, Muth, and Simon's work and its role in the renaissance and evolution of operations management. *Journal of Operations Management* (en prensa, disponible online el 17 de julio de 2006).
- Singhal, J.; Singhal, K. (2006b). The domain of production and operations management and the role of Elwood Buffa in its delineation. *Journal of Operations Management* (en prensa, disponible online el 17 de julio de 2006).
- Sypkens, H. A. (1967). *Planning of Optimal Plant Capacity*. Tesis de Maestría inédita, Sloan School of Management, MIT.
- Tadei, R.; Trubian, M.; Avendaño, J.L.; Della Croce, F.; Menga, G. (1995). Aggregate planning and scheduling in the food industry: A case study. *European Journal of Operational Research*, 87, 564-573.
- Tang, J.F.; Fung, R.Y.K.; Yung, K.L. (2003). Fuzzy modelling and simulation for aggregate production planning. *International Journal of Systems Science*, 34, (12-13), 661-673.
- Taubert, W. H. (1968). A Search Decision Rule for the Aggregate Scheduling Problem. *Management Science*, 14-6, 343-359.
- Techawiboonwong, A.; Yenradee, P. (2003). Aggregate production planning with workforce transferring plan for multiple product types. *Production Planning & Control*, 14, 5, 447-458.

Urwick, L.; Brech, E.F.L. (1984). *La historia del management*. Orbis.

Wang, R.; Liang, T. (2004). Application of fuzzy multi-objective linear programming to aggregate production planning. *Computers & Industrial Engineering*, 46, 17-41.

Wang, R.C.; Liang, T.F. (2005). Applying possibilistic linear programming to aggregate production planning. *International Journal of Production Economics*, 98, 328-341.