

## **Implicaciones Financieras y Contables de la Planificación de la Producción. Métodos y Modelos de Investigación Operativa**

Muñoz, M.A.<sup>1</sup>, Ruiz-Usano, R.<sup>2</sup> y Framiñán, J.M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero Industrial. E-mail: miguelangel@pluto.us.es.

<sup>2</sup> Dr. Ingeniero Industrial. E-mail: usano@esi.us.es

<sup>3</sup> Dr. Ingeniero Industrial. E-mail: jose@pluto.us.es

Grupo I+DT Organización Industrial. Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla.  
Camino de los Descubrimientos, s/n. 41092, Sevilla.

### **RESUMEN**

*La planificación de la producción es una función empresarial que, tradicionalmente, se realiza en un contexto de gestión del subsistema productivo. Sin embargo, los modelos de producción propuestos en la literatura académica no consideran usualmente las implicaciones que las decisiones de producción tienen en otros subsistemas de la empresa, como el económico-financiero. Por ejemplo, un plan de producción que respeta las restricciones de capacidad de fabricación puede no ser admisible desde el punto de vista de la tesorería de la empresa. El objetivo del trabajo es estudiar, mediante modelos de investigación operativa, la interacción de la planificación de la producción con dos importantes funciones encuadradas dentro del subsistema económico-financiero: la contabilidad de costes y la planificación financiera a corto plazo.*

### **1. Introducción.**

Para poder existir, cualquier empresa, con independencia de su tamaño, debe realizar ciertas funciones esenciales. Brimson ([1], pp. 127 y sigs.) presenta cinco grupos principales de funciones en una empresa industrial:

- (i) Marketing y ventas.
- (ii) Producción y control de calidad.
- (iii) Investigación y desarrollo e ingeniería.
- (iv) Finanzas y administración.
- (v) Apoyo a la producción y logística.

Una importante función empresarial, encuadrada dentro del grupo de funciones denominado "Producción y control de calidad", es la planificación de la producción, cuyo objetivo es la determinación de los niveles de producción, de inventario y de fuerza de trabajo, teniendo en cuenta la demanda existente en el mercado y de forma que no se vulneren las restricciones de capacidad de las instalaciones ([2], p. 69).

La planificación de la producción es una función que, tradicionalmente, se realiza en un contexto de gestión del subsistema productivo. Sin embargo, los modelos de producción propuestos en la literatura académica no suelen considerar las implicaciones que las decisiones de producción tienen en otros subsistemas de la empresa, como el económico-financiero. El objetivo del trabajo es estudiar, mediante modelos de investigación operativa, la interacción de la planificación de la producción con dos importantes funciones encuadradas

dentro del subsistema económico-financiero de la contabilidad de costes y la planificación financiera a corto plazo.

La comunicación está estructurada de la forma siguiente: en la sección 2 se presenta una visión general sobre la interacción entre la contabilidad de costes y la planificación de la producción. Las secciones 3 y 4 están dedicadas a consideraciones experimentales y métodos de resolución, respectivamente, para modelos de establecimiento del plan óptimo de producción en entornos de costes basados en actividades. La sección 5 se ocupa de aspectos de agregación y desagregación en la planificación de la producción con información basada en actividades. Finalmente, la sección 6 presenta la interacción entre la planificación de la producción multiperiodo y la planificación financiera a corto plazo.

## 2. Interacción entre la contabilidad de costes y la planificación de la producción: visión general.

El establecimiento del plan de producción óptimo mediante programación lineal es un problema clásico en la literatura de investigación operativa (véase, por ejemplo, [3], p. 35). Una formulación clásica del problema es aquella en la cual se trata de determinar qué productos fabricar y en qué cantidades en un cierto horizonte de planificación, con el objetivo de maximizar el beneficio, sujeto a restricciones en los diferentes recursos de que dispone la empresa. Matemáticamente:

$$\begin{aligned} \text{Maximizar} \quad & \sum_{i=1}^n p_i x_i & (1) \\ \text{Sujeto a} \quad & \sum_{i=1}^n d_{ji} x_i \leq \text{cap}_j, \quad j=1, \dots, r \\ & 0 \leq x_i \leq u_i, \quad i=1, \dots, n. \end{aligned}$$

En este modelo el subíndice  $i$  hace referencia a productos, el subíndice  $j$  hace referencia a recursos,  $p_i$  es el beneficio unitario o contribución marginal unitaria del producto  $i$ ,  $x_i$  es la cantidad a producir del producto  $i$ ,  $u_i$  es la demanda máxima del producto  $i$ ,  $d_{ji}$  es la cantidad de recurso  $j$  necesaria para fabricar una unidad de producto  $i$  y  $\text{cap}_j$  es la capacidad del recurso  $j$ .

Uno de los aspectos discutibles de los clásicos modelos de este problema radica en la elección de los coeficientes  $p_i$  de la función objetivo. El debate surge cuando se trata de decidir qué conceptos de coste deben incluirse en estos coeficientes. Esta situación de controversia parece que se justifica en la medida en que el modelo anterior ha sido estudiado más en el área de producción que en el de la contabilidad. Por ejemplo, Samuels ([4], p. 182) argumenta que se han utilizado poco de forma conjunta la programación matemática y las herramientas contables para tareas de planificación y control. Más recientemente, Meredith ([5], p. 144) afirma que ninguna función empresarial ha tenido más éxito en la aplicación de la investigación operativa que la gestión de la producción. Por lo tanto, parece conveniente proporcionar una visión general sobre la propuesta de los distintos sistemas contables acerca de la determinación de los coeficientes  $p_i$ .

En [6] se ha revisado el estado de la cuestión sobre la propuesta de los sistemas de contabilidad tradicionales -Sistema de Costes Variables y Sistema de Costes por Absorción (ver, por ejemplo, [7], pp. 333 y sigs.)- y de los sistemas contables recientes -Contabilidad del

Valor y Teoría de las Limitaciones (ver, por ejemplo, [8], [9] y [10]), Sistemas de Costes Basados en Actividades [11] y Sistema de Costes Objetivo [12]- acerca de la determinación de los coeficientes  $p_i$ . A modo de resumen, las principales conclusiones del estudio son las siguientes:

- El Sistema de Costes por Absorción incluye los costes fijos directos y los gastos generales de fabricación fijos en el coste del producto y, por tanto, en los coeficientes de la función objetivo. Esta inclusión no la realiza el Sistema de Costes Variables.
- El Sistema de Costes Variables implícitamente supone que la mano de obra directa es variable, hecho que contrasta con la propuesta de la Teoría de las Limitaciones.
- El Sistema de Costes por Absorción se emplea en la planificación a largo plazo, lo que concuerda con la apreciación de que la distinción entre costes fijos y variables depende del marco temporal considerado. A largo plazo, todos los costes se hacen variables. Por el contrario, el Sistema de Costes Variables se utiliza en el establecimiento del plan de producción a corto plazo.
- La Teoría de las Limitaciones realiza aportaciones tanto a la planificación de la producción como a la contabilidad de costes, conectándolas de alguna forma. Esta teoría propone: a) que en el modelo se incluyan en los coeficientes  $p_i$  sólo el coste de las materias primas y materiales directos (o bien, sólo los costes directos variables), puesto que la mano de obra directa debe ser considerada como coste fijo en el corto plazo y los gastos generales de fabricación no deben añadirse al coste de fabricación de los productos, b) que en presencia de restricciones de capacidad, el producto de mayor contribución marginal unitaria puede no ser el más rentable y c) que en la resolución del modelo considerado se empleen los cinco pasos de la Teoría de las Limitaciones (ver, por ejemplo, [9], pp. 40 y sigs.) para determinar el plan de producción.
- Los Sistemas de Costes Basados en Actividades o sistemas ABC han sido utilizados recientemente en la literatura académica para la formulación del problema del plan de producción (ver, por ejemplo, [13] y [14]). Las principales novedades introducidas son: a) la consideración de la jerarquía de actividades ABC, que distingue entre actividades a nivel de unidad, a nivel de lote, a nivel de producto y a nivel de empresa y b) los modelos propuestos, difíciles de resolver en la práctica, puesto que son, en su mayoría, modelos de programación lineal con variables enteras.
- Al parecer, el Sistema de Costes Objetivo no se ha aplicado a problemas de planificación de la producción. La posible causa de este hecho es que hay más posibilidades de reducción de costes en la planificación y desarrollo de los productos que en las fases de producción.

### **3. Estudio de los parámetros del modelo del plan de producción con información de costes basados en actividades. Consideraciones experimentales.**

Como se ha comentado en la sección anterior, la determinación del plan de producción en entornos ABC se realiza resolviendo modelos de programación lineal con variables enteras (ver, por ejemplo, [13] y [14]). Por otra parte, debido al elevado número de productos y/o de recursos en los escenarios de producción actuales, estos modelos pueden ser difíciles (si no imposibles) de resolver en tiempos de computación razonables. Es por ello, por lo que se propone en el presente trabajo el estudio de la resolución del modelo propuesto por Malik y Sullivan [13], tanto por métodos exactos para investigar los tiempos de resolución, como por métodos aproximados o heurísticos en los casos en que la resolución exacta sea prohibitiva en términos de esfuerzo computacional.

De acuerdo con Barr, Golden, Kelly, Resende y Stewart [15], para evaluar la bondad de un determinado método de resolución, es preciso diseñar un conjunto de experimentos computacionales. En estos experimentos es necesario resolver una serie de ejemplos o instancias que pueden ser o bien reales, o bien ejemplos teóricos reportados en la literatura académica o bien ejemplos generados aleatoriamente por el investigador. En el caso del modelo propuesto por Malik y Sullivan no se han encontrado referencias en las que se reporten ejemplos reales. Sí se han encontrado algunas referencias de ejemplos teóricos (ver [13], [14], [16] y [17]), pero todos son ejemplos ilustrativos de tamaño reducido (máximo 4 productos y 6 recursos). Por lo tanto, es preciso generar una serie o batería de problemas ejemplo, de mayor tamaño que los ilustrados hasta ahora en la literatura académica.

Para la construcción de instancias del modelo de Malik y Sullivan es necesario:

- (i) Generar aleatoriamente sus parámetros (costes, capacidades, etc.). Esta generación aleatoria se debe realizar teniendo en cuenta siempre presente el entorno ABC en el cual se formula el modelo considerado.
- (ii) También es precisa la selección de factores experimentales que puedan condicionar la bondad y la robustez de los distintos métodos de resolución. Como se señala en [15] (p. 18), un factor experimental fundamental es el tamaño del problema, condicionado en el modelo del plan de producción por el número de productos,  $n$ , y por el número de recursos indirectos,  $r$ . Además del tamaño del problema, se vislumbran otros factores experimentales: 1) en primer lugar, la estructura jerárquica de costes ABC presentada por Cooper en [18] y 2) en segundo lugar, la holgura de los recursos. El objetivo es estudiar la bondad de los distintos métodos de resolución en función de la holgura de los distintos tipos de recursos considerados en entornos ABC (los asociados a actividades a nivel de unidad, a nivel de lote, a nivel de producto y los correspondientes a la mano de obra directa y a los materiales directos).
- (iii) Finalmente, es necesario considerar el problema del establecimiento del número total de problemas ejemplo de la batería.

En el momento de la redacción de esta comunicación se está trabajando en una propuesta de generación de los parámetros del modelo del plan de producción con información ABC, así como en la selección de los factores experimentales antes mencionados y otros que puedan condicionar la bondad y robustez de los distintos métodos de resolución considerados. También se está estudiando la elección del número total de instancias a generar.

#### **4. Resolución del modelo del plan de producción con información de costes basados en actividades.**

El objetivo de esta parte del trabajo es la aplicación de distintos métodos de resolución del problema del plan de producción con información ABC. El primer método de resolución que se pretende aplicar es el basado en códigos estándar de programación lineal con variables enteras, los cuales utilizan procedimientos de ramificación y acotación. El software que se está empleando es MOPS (Mathematical Optimization System) [19], en una versión especialmente diseñada para programación entera. Desde luego, con este método de resolución, se persigue investigar los tiempos de computación empleados en la resolución del modelo propuesto por Malik y Sullivan [13].

Debido a la dificultad de la resolución de modelos de programación lineal con variables enteras, parece deseable disponer de métodos heurísticos, que permitan obtener soluciones de

calidad en tiempos de computación pequeños. En el momento de la redacción de este documento se está trabajando en: a) la revisión bibliográfica de las principales heurísticas de la literatura académica empleadas para la determinación del plan de producción en entornos contables tradicionales y de Contabilidad del Valor, b) la formalización de estas heurísticas empleando una notación matemática que asegure claridad y precisión en la presentación de las mismas y c) la adaptación de las heurísticas tradicionales a entornos ABC, ya que la propuesta de estos entornos para las estructuras de costes empresariales es diferente a la empleada tradicionalmente.

Los métodos encontrados en la literatura académica para la resolución del problema del plan de producción en entornos contables tradicionales son:

- (i) Método basado en la jerarquización contable de los productos (ver, por ejemplo, [4], pp. 182-183). Se basa en la jerarquización de productos de acuerdo con sus contribuciones unitarias al beneficio. Este método ha sido estudiado con profusión en la literatura académica para demostrar que el producto de mayor contribución unitaria al beneficio puede no ser el más rentable.
- (ii) Método basado en la jerarquización de los productos siguiendo la filosofía de la Teoría de las Limitaciones (ver, por ejemplo, [20], p. 1536).
- (iii) Modificación de la heurística anterior para garantizar la admisibilidad de las soluciones generadas. La heurística anterior, en su versión original, no garantiza la obtención de soluciones admisibles, por lo que se ha propuesto en la literatura académica una modificación con objeto de garantizar la admisibilidad de las soluciones generadas (ver [21], pp. 517 y sigs.).
- (iv) Heurística revisada de Fredendall y Lea [20].
- (v) Algoritmo de Hsu y Chung [22].

En el momento de la redacción de este documento se está trabajando en la adaptación de estos métodos de resolución al problema del establecimiento del plan de producción con información ABC. Para la adaptación son necesarias algunas modificaciones: por ejemplo, el beneficio unitario de un producto en un entorno ABC depende del plan de producción seleccionado, situación que no se presenta en entornos contables tradicionales.

Además de la adaptación de estos métodos heurísticos, se está estudiando la utilización de metaheurísticas (enfriamiento lento simulado, algoritmos genéticos, etc.) para la resolución del problema considerado.

Por último, a la vista de los resultados experimentales que se obtengan, quizás sería deseable la obtención de heurísticas diseñadas ad-hoc para la resolución del modelo propuesto. Estas heurísticas explotarían la estructura del modelo, fundamentalmente, las estructuras de costes y de consumo de recursos, muy diferentes a la de los modelos tradicionales.

## 5. Aspectos de agregación y desagregación.

Los métodos de resolución comentados en la sección anterior no tienen en cuenta la naturaleza agregada del problema de planificación de la producción. Entre las razones aducidas tradicionalmente para emplear procedimientos de agregación y desagregación en un contexto de planificación de la producción se encuentran:

- (i) la incertidumbre en algunos de los datos necesarios para esta función empresarial (por

ejemplo, las previsiones de demanda),

- (ii) la disponibilidad de algunos datos sólo a nivel de grupos de productos pero no a nivel de productos individuales,
- (iii) el elevado número de productos finales en los entornos manufactureros actuales,
- (iv) la complejidad computacional de algunos modelos de programación matemática, por ejemplo, los que incluyen costes de puesta a punto y
- (v) la existencia de diferentes niveles jerárquicos decisionales en la empresa.

En la actualidad existen dos enfoques para abordar los problemas de planificación de la producción con técnicas de agregación y desagregación:

- 1) enfoque basado en la Planificación Jerárquica de la Producción –“Hierarchical Production Planning” (HPP), en terminología anglosajona–. La idea básica de este enfoque (ver, por ejemplo, [2], capítulos 3 y 6 ó [23]), consiste en reducir la complejidad del problema de planificación de la producción mediante la descomposición del proceso de planificación en subproblemas separados, los cuales se pueden resolver mediante modelos y métodos de resolución adecuados.
- 2) Enfoque explicativo del proceso de agregación mediante la teoría de la agregación en programación matemática (ver, por ejemplo, [24]).

En la línea de trabajo señalada por Leisten [24], se ha aplicado la teoría de la agregación matemática a la resolución del problema de planificación de la producción con información ABC. El resultado de este trabajo puede consultarse en la ponencia presentada por los autores de esta comunicación en la 8ª Conferencia Anual Internacional de EurOMA [25]. En esta ponencia se muestra cómo la formulación del modelo de establecimiento del plan de producción planteado en términos de grupos de productos, en lugar de productos individuales, ha de realizarse utilizando la teoría de la agregación en programación matemática. En efecto, un procedimiento habitual utilizado en la planificación agregada de la producción consiste en asignar unos pesos a los distintos productos que componen un grupo o tipo de productos; luego se utilizan esos pesos para formular el modelo de producción agregado. Una vez determinado el plan agregado de producción óptimo, se utilizan los mismos pesos para obtener el plan de producción desagregado. La ponencia demuestra cómo este tipo de procedimiento puede dar lugar a planes desagregados no admisibles en entornos ABC.

El trabajo presentado en [25] considera aspectos de agregación y desagregación en el problema del plan de producción con información ABC desde un punto de vista matemático exclusivamente. En el momento de la redacción de este documento se está trabajando en la consideración de los aspectos de agregación en un contexto de gestión, es decir, cómo pueden ayudar las técnicas de agregación y desagregación en el establecimiento del plan de producción a medio plazo y en el diseño del sistema de costes de una manera simultánea.

## **6. Integración de la planificación de la producción multiperiodo y la planificación financiera a corto plazo.**

En las secciones anteriores se ha considerado el problema del establecimiento del plan de producción de un solo periodo o estático. Este problema se puede enmarcar dentro del proceso jerárquico de planificación y control de la producción, cuando a priori se conoce que no se mantendrán inventarios entre los distintos periodos de planificación (ver, por ejemplo, [21], p. 517). No obstante, con frecuencia es necesario considerar modelos de planificación de la producción multiperiodo, con la consiguiente aparición de variables de inventario (ver, por

ejemplo, [2], capítulos 5 y 6). Estas variables se penalizan en las funciones objetivo de los modelos mediante los costes de posesión de inventario. Estos costes tienen las siguientes características: a) un elevado porcentaje de los mismos no son costes desembolsados, sino costes de oportunidad; b) no se reflejan en la contabilidad financiera; c) son de difícil cuantificación, por lo que algunos autores [26] los han calificado de abstractos.

Con objeto de evitar el siempre difícil cálculo de los costes de posesión de inventario, se han propuesto en la literatura académica algunos modelos de programación matemática que consideran simultáneamente la planificación de la producción y la planificación financiera a corto plazo (ver, [26], y las referencias allí citadas). En esta línea de trabajo, los autores de esta comunicación presentaron la ponencia [27] en la que se formula un modelo general multiproducto de programación fraccionaria para el establecimiento simultáneo de los niveles de producción e inventario y del plan financiero a corto plazo. Este enfoque solventa, además, algunos inconvenientes inherentes al establecimiento del plan de producción sin consideraciones económico-financieras:

- (i) Al realizar la planificación de la producción sin tener en cuenta la posición de tesorería de la empresa durante el horizonte de planificación, el plan propuesto puede ser completamente irrealizable, aunque sea admisible desde el punto de vista de la capacidad de la planta y de la satisfacción de la demanda.
- (ii) En los modelos clásicos primero se fija un plan de producción, sin tener en cuenta las decisiones de financiación e inversión a corto plazo. Una vez decidido el plan de producción se intenta encontrar un plan financiero a corto plazo que haga viable el plan de producción. Es deseable tomar las decisiones de producción y de inversión-financiación a corto de forma simultánea, optimizando ambas funciones conjuntamente.
- (iii) Si se realizan simultáneamente la planificación de la producción y la planificación financiera a corto plazo, se pueden obtener conjuntamente el plan de producción, el presupuesto de tesorería y los estados financieros previsionales (balance previsional y cuenta de resultados previsional).
- (iv) Finalmente, existe la posibilidad de evaluar el impacto de los distintos planes de producción sobre determinados magnitudes y/o ratios económico-financieros, por ejemplo sobre el ratio de liquidez general o el de tesorería.

En la actualidad se está trabajando en el enriquecimiento y refinamiento del modelo presentado en [27], incluyendo distintas fórmulas de financiación a corto plazo, inversiones financieras a corto plazo y la formulación de modelos complementarios con varios objetivos (beneficio, rentabilidad y liquidez).

## 7. Conclusiones.

La planificación de la producción es una función empresarial esencial, cuyas interacciones con otras importantes funciones empresariales enmarcadas dentro del subsistema económico-financiero son, habitualmente, ignoradas en la literatura académica.

En este trabajo se considera de manera integrada la planificación de la producción, la contabilidad de costes y la planificación financiera a corto plazo. Las principales aportaciones del trabajo son las asociadas a la resolución del modelo del plan de producción con información de costes basados en actividades, la consideración de aspectos de agregación y desagregación en este problema (tanto de desde un punto de vista matemático como desde un

punto de vista de gestión empresarial) y la integración de las decisiones de producción-inventario en modelos multiperiodo con las decisiones de tesorería e inversión y financiación a corto plazo.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente llevado a cabo con financiación procedente del Ministerio de Ciencia y Tecnología (Proyecto DPI2001-3110), y con cofinanciación proveniente del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Asimismo, los autores desean mostrar su agradecimiento al Profesor Dr. Rainer Leisten, de la Universidad de Duisburgo (Alemania), por sus valiosos comentarios realizados durante la realización de este trabajo y al Profesor Dr. Uwe Suhl, de la Universidad de Berlín (Alemania), por la información proporcionada acerca del optimizador MOPS.

## Referencias

- [1] Brimson, J.A., (1995), *Contabilidad por actividades*, (Barcelona: Marcombo).
- [2] Hax, A. y Candea, D., (1984), *Production and inventory management*, (Englewood Cliffs: Prentice-Hall).
- [3] Wagner, H.M., (1969), *Principles of operations research*, (Englewood Cliffs: Prentice Hall).
- [4] Samuels, J.M., (1965), "Opportunity costing: an application of mathematical programming", *Journal of Accounting Research*, pp. 182-191.
- [5] Meredith, J., (2000), "Hopes for the future of operations management", *Selected papers from the First World Conference on Production and Operations Management POM Sevilla 2000*, pp. 143-148.
- [6] Muñoz, M.A., Ruiz-Usano, R. y Crespo, A., (2001), "Aspectos contables de la planificación de la producción: visión general y estado de la cuestión", *IV Congreso de Ingeniería de Organización, Sevilla 2001*, p. 23.
- [7] Pérez Carballo, A. y J. y Vela Sastre, E., (1981), *Gestión financiera de la empresa*, (Madrid: Alianza Universidad Textos).
- [8] Goldratt, E.M., (1983), "Cost accounting: the number one enemy of productivity", *International Conference Proceedings American Production and Inventory Control Society*, October, pp. 433-435.
- [9] Noreen, E., Smith, D. y Mackey, J.T., (1997), *La teoría de las limitaciones y sus consecuencias para la contabilidad de gestión*, (Madrid: Ediciones Díaz de Santos).
- [10] Rahman, S., (1998), "Theory of constraints: a review of the philosophy and its applications", *International Journal of Operations & Production Management*, 18 (4), pp. 336-355.
- [11] Innes, J., Mitchell, F. y Yoshikawa, T., (1994), *Activity costing for engineers*, (Taunton, England: Research Press Ltd.).
- [12] Monden, Y., (1995), *Cost reduction systems: target costing and kaizen costing*, (Portland, U.S.A.: Productivity Press).



- [13] Malik, S.A. y Sullivan, W.G., (1995), "Impact of ABC information on product mix and costing decisions", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 42 (2), pp. 171-176.
- [14] Kee, R. y Schmidt, C., (2000), "A comparative analysis of utilizing activity-based costing and the theory of constraints for making product mix decisions". *International Journal of Production Economics*, 63 (1), pp. 1-17.
- [15] Barr, R.S., Golden, B.L., Kelly, J.P., Resende, M.G.C. y Stewart, W.R., (1995), "Designing and reporting on computational experiments with heuristic methods", *Journal of Heuristics*, 1 (1), pp. 9-32.
- [16] Kee, R., (1995), "Integrating activity-based costing with the theory of constraints to enhance production related decision making", *Accounting Horizons*, 9 (4), pp. 48-61.
- [17] Wen-Hsien Tsai, (1994), "Product-mix decision model under activity-based costing", *Proceedings 1994 Japan-U.S.A. Symposium on Flexible Automation – A Pacific Rim Conference*, 1, pp. 87-90.
- [18] Cooper, R., (1990), "Cost classification in unit-based and activity-based manufacturing cost systems", *Journal of Cost Management*, 4 (3), pp. 4-14.
- [19] Suhl, U.H., (1994), "Mops – Mathematical Optimization System", *European Journal of Operational Research*, 72 (2), pp. 312-322.
- [20] Fredendall, L. D. y Lea, B.R., (1997), "Improving the product mix heuristic in the theory of constraints", *International Journal of Production Research*, 35 (6), pp. 1535-1544.
- [21] Hopp, W.J. y Spearman, M.L. (1996), *Factory Physics*, (Chicago, U.S.A.: Irwin).
- [22] Hsu, T.C. y Chung, S.H., (1998), "The TOC-based algorithm for solving product mix problems", *Production Planning & Control*, 9 (1), pp. 36-46.
- [23] Bitran, G.R. y Tirupati, D., (1993), "Hierarchical production planning". En Graves, S.C., Rinnooy-Kan, A.H.G. y Zipkin, P.H. (ed.) *Logistics of production and inventory*, Handbooks in Operations Research and Management Science, 4 (North-Holland: Amsterdam, pp. 523-568.
- [24] Leisten, R., (1998), "An LP-aggregation view on aggregation in multi-level production planning", *Annals of Operations Research*, 24 (1), pp. 1-16.
- [25] Muñoz, M.A., Ruiz-Usano, R., Framiñán, J.M. y Leisten, R., (2001), "Solving the product mix problem using activity-based cost information – an aggregation/disaggregation approach", *8<sup>th</sup> International Annual Conference EurOMA, Bath 2001*, pp.105-117.
- [26] Kirca, O. y Köksalan, M., (1996), "An integrated production and financial planning model and an application", *IIE Transactions*, 28, 677-686.
- [27] Muñoz, M.A., Ruiz-Usano, R., Framiñán, J.M., Crespo, A., Moreu, P. y León, J.M., (2000), "A mathematical programming model for the integration of aggregate production planning with short-term financial planning", *Proceedings of the First World Conference on Production and Operations Management, POM Sevilla 2000*.