

La selección del sistema de gestión de la producción en empresas manufactureras

Roberto Cespón Castro¹, Santiago Ibarra Mirón¹, Fernando Marrero Delgado¹

¹ Dpto. de Ingeniería Industrial. Universidad Central de Las Villas, 54830 Santa Clara (Villa Clara, República de Cuba). rcespon@fce.uclv.edu.cu Sbarra@fce.uclv.edu.cu fmarrero@fce.uclv.edu.cu

Resumen

El presente trabajo, contiene el desarrollo de dos procedimientos que permiten a los directivos y profesionales de empresas manufactureras, seleccionar el tipo de sistema de gestión de la producción que más se ajusta a sus características específicas y a las condiciones en que las mismas operan. Se incluyen los resultados obtenidos como consecuencia de su aplicación en un grupo de estas empresas cubanas.

Palabras claves: Gestión de la producción, sistema de gestión de la producción, sistema productivo.

1. Introducción

La necesidad de adaptarse a las nuevas condiciones que exige el mercado mundial, caracterizado por una competencia impetuosa y donde el servicio al cliente ha pasado a un primer plano, obliga a las organizaciones a adoptar la competitividad como única vía de resistencia, recuperación y avance.

Por esa razón, los sistemas productivos deben encaminarse a lograr la cantidad y calidad requerida de sus producciones, responder a las necesidades del mercado con la rapidez exigida y con una disminución en los costes que le permita elevar sus niveles de eficacia y eficiencia.

Para lograr esos objetivos, toda organización en general y en particular las empresas manufactureras, requieren de cambios radicales o procesos de mejoramiento continuo de su gestión productiva, siendo imprescindible para ello, una correcta selección del sistema de gestión de la producción que le permita responder con mayor eficacia a los retos que le imponen los factores internos y externos del entorno, los que actúan como condiciones necesarias o restricciones en la búsqueda y mantenimiento de niveles verdaderamente competitivos [Domínguez Machuca *et.al.*, 1998; Heizer & Render, 1997; Chase & Aquilano, 2001].

En la literatura sobre el tema aparecen diferentes enfoques de sistemas de gestión de la producción que se han estado empleando a lo largo del decursar de los años en las empresas manufactureras. Así podemos citar el sistema Just-in-time, el sistema MRP, los enfoques

CPM/PERT, el sistema DBR/OPT, el Balance de Línea, etc. La aplicación práctica de uno u otro sistema depende del comportamiento de diversas variables que caracterizan a los sistemas de producción [Goldratt, 1995; Monden., 1990; Umble & Srikanth, 1995; Schonberger, 1992; Heizer & Render, 2001].

El presente trabajo contiene dos procedimientos obtenidos sobre bases empíricas y científicas, que permiten una correcta y fácil selección del tipo de sistema de gestión de la producción a aplicar en determinada empresa manufacturera, por parte de los especialistas y directivos encargados de la Función de Operaciones que en ella laboran.

2. Procedimiento para la determinación de las métricas de selección del tipo de sistema de Gestión de la Producción.

Este procedimiento fue diseñado, desarrollado y aplicado en su totalidad por los autores, auxiliados por un grupo de expertos y apoyados en la experiencia internacional sobre la operación de los diferentes sistemas de gestión de la producción en empresas manufactureras. Su estructura general está compuesta por un conjunto de pasos o etapas con varias retroalimentaciones (*feedback*) que permiten la realización de aproximaciones sucesivas hasta llegar a una solución correcta. Una breve descripción de sus diferentes pasos de trabajo se ofrece a continuación.

2.1 Selección de los parámetros primarios.

Se definen aquellos parámetros que determinan en cierta medida la adopción de cada sistema de gestión de la producción en particular. El término **primario** se refiere a que en una primera versión realizada eran muchos los factores influyentes, los que fueron “decantándose” mediante el establecimiento de relaciones de causa-efecto, utilizándose para ello la técnica del árbol de la realidad actual [Goldratt, 1995]. Posteriormente para cada uno de estos parámetros se definieron niveles, con el objetivo de considerar los diferentes escenarios de ocurrencia que se manifiestan en las empresas manufactureras.

En las dos primeras columnas del cuadro.1, (véase cuadro.1) se muestran los mencionados parámetros primarios seleccionados y sus niveles correspondientes. Puede apreciarse que aquellos parámetros clasificados como P1, P2, y P3, caracterizan el entorno externo a la organización, vinculándose con las características del producto-mercado, mientras que los restantes (P4, P5, P6, P7 y P8), se refieren fundamentalmente al contexto interno, vinculándose con las particularidades de la configuración productiva.

2.2 Definición de puntuaciones para cada parámetro.

A cada uno de los niveles de los parámetros primarios seleccionados en el paso anterior, se le asigna una puntuación o escala (rango) de puntos que diferencie su estado respecto a los restantes. Luego, se establece una correspondencia entre los mismos y los tipos de sistemas de gestión de la producción, especificándose en cada nivel aquellos que < preferentemente > deben ser empleados, pudiendo ocurrir que aparezca un mismo sistema en más de un nivel e incluso que en un mismo nivel coexistan más de un sistema. (Ver cuadro. 1 anterior).

Tabla 1: Parámetros primarios para la selección del tipo de sistema de gestión de la producción

Parámetro primario	Nivel	Escala (puntos)	Sistema de Gestión de la Producción.
Complejidad del producto. (P1)	Muy simple	1 – 3	BL
	Simple	3 – 6	BL, JIT
	Poco complejo	6 – 9	JIT, DBR
	Complejo	9 – 12	DBR, MRP, LOB
	Muy complejo	12 – 15	PERT/ CPM, ROY
Variedad de productos. (P2)	Muy baja	1 – 3	BL
	Baja	3 – 6	BL, JIT
	Mediana	6 – 9	JIT, DBR
	Alta	9 – 12	DBR, MRP, LOB
	Muy alta	12 – 15	PERT/ CPM, ROY
Cantidad solicitada de productos. (P3)	Muy grande	1 – 3	BL
	Grande	3 – 6	BL, JIT
	Mediana	6 – 9	JIT, DBR, MRP
	Pequeña	9 – 12	JIT, LOB
	Muy pequeña	12 – 15	PERT/ CPM, ROY
Tipo de proceso. (P4)	Continuo	1 – 3	BL
	Poco intermitente	3 – 6	BL, JIT
	Intermitente	6 – 9	JIT, DBR, MRP
	Muy intermitente	9 – 12	LOB
	Por proyecto	12 – 15	PERT/ CPM, ROY
Aseguramiento de equipos informáticos. (P5)	Muy bajo	1 – 4	BL
	Bajo	4 – 8	JIT
	Medio	8 – 12	DBR, LOB
	Garantizado	12 – 15	MRP, PERT/ CPM, ROY
Capacitación de la mano de obra. (P6)	Baja	1 – 5	BL
	Requerida	5 – 10	MRP, DBR, JIT
	Elevada	10 – 15	LOB, PERT/ CPM, ROY
Equipamiento. (P7)	Propósito especial	1 – 5	BL
	Mixto	5 – 10	JIT, MRP, DBR, LOB
	Propósito general	10 – 15	PERT/ CPM, ROY, JIT, MRP, DBR, LOB
Duración del ciclo de producción. (P8)	Muy corto	1 – 3	BL
	Corto	3 – 6	BL, JIT
	Mediano	6 – 9	JIT, DBR, MRP
	Largo	9 – 12	DBR, MRP, LOB
	Muy largo	12 – 15	PERT/ CPM, ROY

Los tipos de sistemas de gestión de la producción que fueron considerados en el estudio son: el Balance de Línea (BL), sistema Justo a Tiempo (JIT), sistema Tambor-Buffer-Cuerda (DBR) donde se considera la denominada Tecnología de Producción Optimizada (OPT), sistema de Planeación de los Requerimientos Materiales y sus extensiones (MRP), Línea de Balance (LOB), Teoría de la Evaluación y Revisión de Programas (PERT), Método del Camino Crítico (CPM) y Método de los Potenciales (ROY). [Monden, 1990; Goldratt, 1995; Umble, 1995; Domínguez, et.al., 1998; Chase & Aquilano, 2001].

El orden en que se han descrito los diferentes sistemas es coincidente con el orden considerado en el trabajo, obtenidos a partir del concepto de **intermitencia** que, a estos efectos se ha definido como *“aquella propiedad de un sistema productivo que determina la cantidad de interrupciones y comienzos alternativos que en el mismo ocurren en cierto período de tiempo, como consecuencia del grado de variabilidad de las órdenes de producción que en él se procesan”* [Cespón, 2004].

2.3 Establecimiento de prioridades entre los diferentes parámetros.

Considerando que entre la totalidad de los parámetros primarios existen diferencias en cuanto a su influencia (incidencia) sobre el tipo de sistema de gestión de la producción, se establecen entonces unas prioridades o grados de importancia de cada uno con relación a los restantes. Para ello se emplea el criterio de los expertos, utilizándose 8 expertos según cálculo realizado a priori para un nivel de confianza del 95%, los que fueron seleccionados entre un conjunto de empresarios y académicos conocedores de las experiencias nacionales e internacionales sobre el tema objeto de estudio. Finalmente, para la obtención /asignación de los pesos o grados de importancia, se aplicó la técnica de decisión multicriterio discreta conocida como Método de la Entropía [Barba Romero & Pomerol, 1997]., siendo los resultados finales los que se reflejan en la tabla 2.

Tabla 2: Grados de importancia o nivel de prioridad para cada uno de los parámetros primarios.

Parámetro	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Grado de importancia	0.097	0.168	0.259	0.165	0.055	0.076	0.082	0.103

2.4 Determinación de las métricas de selección del tipo de sistema de gestión de la producción.

En esta etapa del procedimiento se determinan las **métricas de selección** para los distintos sistemas de gestión de la producción implicados en el estudio, las que constituyen *“<unos intervalos o rangos de validez del indicador de selección para cada sistema de gestión de la producción>”*, de manera tal que sea posible que, a partir de su posterior evaluación en un sistema productivo cualquiera, se obtenga con una buena aproximación, el tipo de sistema de gestión de la producción que más se adecue a sus condiciones productivas y de mercado específicas. De esta forma, es necesario primeramente definir y calcular el mencionado indicador de selección, para luego conformar las métricas correspondientes.

El **Indicador de Selección** constituye una herramienta cuantitativa que evalúa integralmente, para cada tipo de sistema de gestión de la producción, tanto los valores (puntuaciones) de los parámetros primarios que lo determinan, como su grado de importancia. Se obtiene mediante la fórmula (1):

$$ISk = \frac{\sum_{\forall i} Pki \cdot Wi}{\sum_{\forall i} Pi \max} \times 10^3 \quad (1)$$

Isk: Indicador de Selección para el tipo de sistema de gestión de la producción “k”

Pki: Puntuación seleccionada del parámetro “i” en el tipo de sistema de gestión de la producción “k” (ver tabla 1).

Wi: Grado de importancia del parámetro “i” (ver tabla 2).

Pimax: Máxima puntuación del parámetro “i” (ver tabla 1).

En el caso del término “Pki”, cuando se hace mención a la “puntuación seleccionada” se está haciendo referencia al *valor mínimo o máximo* de cada parámetro y para cada tipo de sistema, de manera que sea posible la formación de un rango o intervalo. A modo de ejemplo, se realizan los cálculos para el sistema Balance de Línea (BL), por lo que sustituyendo y efectuando en la fórmula (1), se obtiene:

Valor mínimo:

Utilizándose el mínimo valor para el cual resulta válido este sistema en cada uno de los parámetros y considerando así mismo el grado de importancia de cada uno de ellos, se obtiene:

$$ISk = \frac{(0.097 \times 1) + (0.168 \times 1) + (0.259 \times 1) + (0.165 \times 1) + (0.05 \times 1) + (0.076 \times 1) + (0.082 \times 1) + (0.103 \times 1)}{15 + 15 + 15 + 15 + 15 + 15 + 15 + 15}$$

$$ISbl = 8.33$$

Valor máximo:

Se procede de igual forma, pero con los valores mayores; ISbl = 47.85

En la tabla 3, se muestran resumidas las métricas para cada uno de los tipos de sistemas de gestión de la producción analizados. En la misma puede observarse, la existencia de solapes entre los diferentes tipos de sistemas, derivado de la similitud entre algunas de las características que los determinan, aspecto este que es muy común en las empresas manufactureras. Por otra parte, es conveniente resaltar la importancia de las métricas obtenidas, por cuanto valoran de forma integral la totalidad de parámetros primarios seleccionados en la primera etapa de trabajo del procedimiento propuesto, al tiempo que como se verá en el segundo procedimiento, constituyen un instrumento que facilita considerablemente la selección del tipo de sistema de gestión de la producción.

Tabla 3: Métricas para la selección del tipo de sistema de gestión de la producción.

Sistema de Gestión de la Producción	Métricas de selección del tipo de sistema de gestión de la producción (Indicador de selección < ISk * 10³ >
Balanceo de línea (BL)	8.33 – 47.85
Justo a Tiempo (JIT)	28.05 – 85.79
Tambor-Buffer-Cuerda (DBR)	49.51 – 90.18
Sistemas MRP- MRP II	57.80 – 91.43
Línea de Balance (LOB)	72.48 – 103.95
Sistemas PERT-CPM-ROY	97.36 – 125

2.5. Validación de las métricas de selección del tipo de sistema de gestión de la producción.

La realización de esta etapa requiere de la necesaria aplicación del procedimiento que será explicado a continuación y consiste, en probar las métricas obtenidas en un universo lo suficientemente grande de empresas, para comprobar su validez empírica y en caso necesario realizar las correcciones que correspondan. Llegado a este punto, corresponde entonces el empleo extensivo de las métricas, para lo cual se utiliza el procedimiento de determinación y/o selección del tipo de sistema de gestión de la producción.

3. Procedimiento para la determinación del tipo de sistema de Gestión de la Producción.

Como antes se señaló, este segundo procedimiento constituye la vía fundamental mediante la cual en el presente trabajo se satisface el principio del carácter práctico. Está diseñado para ser aplicado por empresarios y profesionales afines con la Gestión de la Producción y las Operaciones, aprovechándose de los mismos su mayor fortaleza - el conocimiento que poseen de la organización donde laboran. El procedimiento comprende los pasos siguientes:

3.1 Determinación del Indicador de selección.

Se evalúa la organización empresarial objeto de estudio, atendiendo a los parámetros primarios que se reflejan en el cuadro. 1, definiéndose puntuaciones para cada uno de ellos por parte de los especialistas de la empresa que participan en el proyecto de selección del sistema de gestión de la producción, sustituyéndose estos valores en la fórmula (1) conjuntamente con los grados de importancia mostrados en la tabla 1, y calculándose posteriormente el Indicador de Selección.

A modo de ejemplo en la tabla. 4, se muestran los resultados obtenidos para la Planta de Acabado de una Empresa Textil, en la que se compararon dos estados. El primero, que considera las características del contexto externo e interno existente cuando fue concebida la Planta y el segundo, las condiciones existentes 27 años después coincidente con el año 2003. Con esta información, para cada uno de los dos estados se obtuvieron los siguientes valores del Indicador de Selección. (Ver tabla. 4)

3.2 Determinación del tipo de sistema de gestión de la producción.

Con el valor del indicador de selección “ISk” obtenido, se determina en la tabla 2 el tipo de sistema de gestión de la producción que le corresponde según el intervalo o rango de validez (métrica) a que pertenezca el resultado. Para el caso del ejemplo de la Planta de Acabado de la Empresa Textil, en cada uno de los estados analizados, se obtiene:

Primer estado: [BL - JIT]

Segundo estado: [DBR – MRP]

Se debe hacer notar que hasta aquí, esta selección del sistema de gestión de la producción ha sido fundamentalmente debido al análisis cuantitativo del procedimiento aquí descrito, por lo que se debe considerar una decisión a modo de <predeterminación> y no como algo concluido y definido. La decisión final requerirá de valoraciones también cualitativas, tales como el nivel de calificación disponible y necesitado en los recursos humanos, nivel de descentralización de la decisiones de fabricación, etc., y de decisiones de otra categoría al margen del sistema productivo, tales como la disponibilidad de fondos de inversión y las decisiones financieras, las capacidades e infraestructuras requeridas, así como de la capacidad de actuación de la organización para asumir los nuevos retos.

Tabla 4: Ejemplo de aplicación para la Planta de Acabado de una Empresa Textil.

Parámetro	Grado de importancia (Wj)	Primer estado		Segundo estado	
		Nivel Puntuación	(Pki)	Nivel Puntuación	(Pki)
P1	0.097	Simple	5	Complejo	9
P2	0.168	Baja	3	Alta	10
P3	0.259	Muy grande	2	Mediana	7
P4	0.165	Poco intermitente	4	Intermitente	8
P5	0.05	Muy bajo	2	Medio	8
P6	0.076	Requerida	6	Requerida	8
P7	0.082	Propósito especial	3	Propósito especial	3
P8	0.103	Corto	2	Corto	4
Indicador de Selección		ISk =33.95		ISk = 61.26	

3.3 Análisis de los resultados obtenidos.

Consiste en aplicarle el “juicio” a la decisión de selección antes realizada y finalmente definir el tipo o tipos de sistemas de gestión productiva que serán aplicados. En este análisis, pueden presentarse dos situaciones. La primera, es aquella en que el resultado sea un único sistema de gestión de la producción, siendo entonces el proceso de decisión mucho más sencillo; la segunda y más compleja, se presenta cuando el resultado indica la coexistencia de más de un sistema, lo

que generalmente indica una de las siguientes situaciones que deben ser minuciosamente evaluadas:

- ❑ Si el procedimiento se aplica a la totalidad de una empresa, puede ocurrir que algunas de sus plantas se adecuen más a un sistema de gestión y otras a sistemas diferentes. En este caso, se recomienda un análisis posterior por plantas (*focalización por plantas*).
- ❑ Se está en presencia de la necesidad de aplicación de sistemas híbridos de gestión de la producción, como es el caso del Syncro-MRP [Schonberger, 1992]. Se necesitará de un proceso de coordinación de la actividad de planificación y control de la producción entre los diferentes procesos que componen el sistema productivo en su generalidad.
- ❑ Algunos de los productos, líneas o familias de productos requieren ser gestionados mediante un sistema y otros de forma diferente (*focalización por familias de producto*).
- ❑ Se observa el predominio de uno de los sistemas, pero existen características comunes con otros que no entran en conflicto con el dominante. En este caso se recomienda la aplicación del sistema que predomina.
- ❑ Pueden ocurrir además, combinaciones de las situaciones antes expuestas.

Como consecuencia de este análisis se debe finalmente llegar a una **decisión final sobre el tipo de sistema de gestión de la producción a aplicar**, facilitándose así la preparación de las condiciones estructurales e infraestructurales, la formación del personal y la creación de todas las condiciones para su implantación y seguimiento. En el ejemplo de la Planta de Acabado de una Empresa Textil, para cada uno de los estados evaluados, se llegó a las decisiones que a continuación se comentan.

Primer estado: En ese entonces no se contaba con el procedimiento y se adoptó un Balance de Línea (BL), que durante algunos años resultó adecuado, demostrando que la decisión tomada fue correcta, perdiendo solo su vigencia con los cambios que fueron ocurriendo en el entorno externo.

Segundo estado: Se optó por el DBR, incidiendo en ello: las particularidades del proceso tecnológico, el hecho de que las restantes plantas de la empresa (Hilandería y Tejeduría) se ajustan aún al sistema BL, el estado de las finanzas de la empresa (el MRP resultaba más caro) y el conocimiento y aplicación por parte de directivos y especialistas de la denominada Teoría de las Restricciones. En general, se valoró que se requería crear menos condiciones de estructura e infraestructura para mejorar la competitividad, con el sistema seleccionado.

4. RESULTADOS EMPÍRICOS DEL EMPLEO DE LAS MÉTRICAS DE SELECCIÓN EN OTRAS EMPRESAS MANUFACTURERAS CUBANAS.

Las métricas obtenidas en el estudio para la selección del tipo de sistema de gestión de la producción han sido aplicadas de forma experimental en un grupo de empresas cubanas, pertenecientes a los tipos de industrias que se muestran en la tabla. 5, lo que además equivale a un total de 127 plantas y talleres fabricantes.

Tabla 5: Total de empresas cubanas que fueron objeto de la aplicación de los procedimientos propuestos.

Tipo de industria	Cantidad de empresas analizadas
Industria Mecánica	12
Industria Textil	4
Industria de Confecciones	6
Industria Azucarera	28
Total	40

Los resultados que se han estado obteniendo luego de un año de observaciones, permiten afirmar que los procedimientos propuestos satisfacen plenamente el rol para el que fueron concebidos, siendo algunos de los impactos más importantes los siguientes:

- ❑ El 100% de los profesionales que se dedican a la gestión de operaciones, plantean que se les ha facilitado mucho su trabajo y que pueden dedicar un mayor tiempo al proceso de toma de decisiones. Afirman además, que ello es consecuencia del empleo de sistemas de gestión que se corresponden con las características particulares de sus empresas y de la orientación de su capacitación, predominantemente, hacia el estudio de estos sistemas.
- ❑ Un 87 % de los directivos afirman que son manifiestos los resultados de los procesos de mejora continua implantados, llegándose a resolver de una vez por todas, varios de los problemas organizativos que existían en sus empresas.
- ❑ Se ha obtenido una reducción promedio del inventario de un 18 %, equivalente a varios millones de pesos.
- ❑ Las ventas se han incrementado en un 6,2%.
- ❑ La productividad del trabajo se incrementó en un 1,4% aproximadamente.
- ❑ El plazo de entrega de los productos se ha reducido en un 30%.
- ❑ El costo de producción se redujo en un 3,8%.

Aunque estos resultados no constituyen mejoras que pueden considerarse como trascendentales si son comparados con experiencias internacionales catalogadas como de excelencia [Monden, 1990; Schonberger, 1992], es opinión de los autores que los mismos pueden evaluarse de satisfactorios y alentadores. Esta afirmación se basa en el hecho de que sobre las empresas estudiadas han actuado un conjunto de factores externos que inciden desfavorablemente sobre algunos de sus principales aprovisionamientos y mercados en el período en que fueron analizadas, lo que lógicamente atenta contra el impacto esperado. Por otra parte, es conveniente destacar que los valores presentados han sido sólo el efecto de implantar el sistema de gestión de la producción más adecuado en las empresas estudiadas, realizando sólo los cambios ajustados /requeridos que ello requiere.

7. CONCLUSIONES

Las soluciones expuestas representan una propuesta interesante que puede resultar muy útil para el proceso de toma de decisiones ejecutivas y para el saludable desempeño de las organizaciones manufactureras. El procedimiento en general constituye una herramienta de toma de decisiones con alto grado de flexibilidad decisional ya que contempla las distintas alternativas de evaluación y deja al usuario final la decisión definitiva a adoptar, a la vez que destaca por su sencillez en cuanto a su aplicación lo que hace que pueda ser utilizado por el personal interesado, dígase especialistas y directivos, sin ninguna complicación adicional.

Los procedimientos resultan transparentes y permiten definir con claridad y basamento científico las métricas o intervalos de validez para la selección del tipo de sistema de gestión de la producción que estimen más apropiado para su configuración productiva, partiendo de conocer el comportamiento de todo un conjunto de variables (o parámetros) que interactúan constantemente con el sistema de gestión de la fabricación. Los parámetros aquí estudiados son considerados como determinantes en la selección y valoración de los sistemas de gestión de la producción, pero no significa en modo alguno, que sean las únicas variables que puedan o deban evaluarse.

Los resultados que se han obtenido en las diferentes empresas en las cuales se han aplicado los procedimientos y que a la vez se hayan mantenido consecuentes con las soluciones que aporta, permiten afirmar, que estas propuestas constituyen una vía más para propiciar un paso de avance en la consecución de mejores resultados en el desempeño económico y operativo, que en forma general aseguren su subsistencia y posterior desarrollo.

REFERENCIAS

- BARBA-ROMERO, S. & J.C.POMEROL. (1997). Decisiones Multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica. Colección de Economía. Servicio de Publicaciones, Universidad de Alcalá, Madrid.
- CESPÓN, R. (2004). Consideración de la intermitencia en la selección del tipo de sistema de gestión de la producción. Universidad Central de Las Villas. Santa Clara. Cuba.
- CHASE R.B. & N.J. AQUILANO. (2001). Dirección y Administración de la Producción y de las Operaciones. 6ª ed. Times Mirror de España, División de IRWIN. Madrid.
- DOMÍNGUEZ MACHUCA, J.A; GARCÍA, S.; DOMÍNGUEZ, M.A.; RUIZ; A. & M.J. ALVAREZ GIL. (1998). *Dirección de Operaciones: aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A. Madrid.
- GOLDRATT, E. (1994). La Carrera. Taular. Madrid.
- HEIZER, J & B. RENDER. (2001). Dirección de la Producción. Decisiones tácticas. 4ª ed. Prentice-Hall. Madrid.
- MONDEN, Y. (1990). El sistema de producción Toyota. Hachi. Buenos Aires. Argentina.
- SCHONBERGER, R. (1992). Manufactura de Categoría Mundial. Norma. Bogotá.