
Las técnicas justo a tiempo y su repercusión en los sistemas de producción

.....
FERNANDO MARÍN
JOAQUÍN DELGADO

ETSi Industriales. Departamento de Ingeniería de Organización,
Administración de Empresas y Estadística. *Universidad Politécnica de Madrid*

El entorno industrial con el que comienza este siglo se caracteriza por la competitividad, la velocidad de los cambios y la inestabilidad de la demanda. Ello se debe, en buena medida, al aumento de las exigencias

35

de los clientes en mercados maduros, que requieren productos de calidad que se ajusten a sus necesidades específicas, así como entregas más frecuentes y rápidas. La respuesta de las empresas en este entorno, mediante el aumento de la variedad de productos finales y su producción a medida del cliente, es particularmente significativa en artículos como el automóvil o los ordenadores que hace unas décadas se fabricaban en masa (Monden, 1996; Adachi, 1995).

En la fabricación de este tipo de productos, los sistemas de producción conocidos como JIT (Just In Time, Justo a

tiempo») han tenido un auge sin precedentes durante las últimas décadas. Así, después del éxito de las compañías japonesas durante los años que siguieron a la crisis de los setenta, investigadores y empresas de todo el mundo centraron su atención en una forma de producción que, hasta ese momento, se había considerado vinculada con las tradiciones tanto culturales como sociales de Japón y, por tanto, muy difícil de implantar en industrias no japonesas.

Sin embargo, una década más tarde, los trabajos de Schonberger (1982), Hall (1983) y Monden (1983) comenzaron a

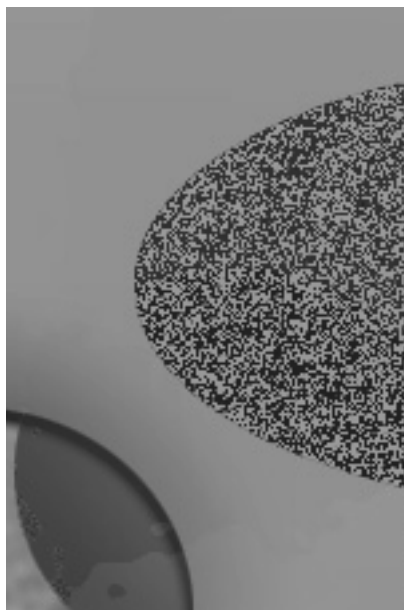
mostrar que la puesta en práctica de los principios y técnicas que sostenían los sistemas de producción JIT, si bien requerían un profundo cambio en la filosofía de producción, no tenían como requisito imprescindible una forma de sociedad específica. En paralelo con dichas investigaciones, la *American Production and Inventory Control Society* (APICS), dedicó un gran esfuerzo a la discusión y difusión de las técnicas JIT. Esta fue la *Zero Inventories Crusade*, que sustituyó a la *Material Requirements Planning (MRP) Crusade*, emprendida durante la década anterior para ayudar a introducir el MPR en los sistemas de producción occidentales (Orlicky, 1975).

A partir de las investigaciones mencionadas, así como de la experiencia que se obtuvo de las fábricas japonesas que se implantaron en Occidente (como es el caso de la planta de Kawasaki, en Nebraska), se extrajo como conclusión que el éxito en la puesta en marcha de los sistemas de producción JIT depende de la organización de un ambiente favorable en la empresa, y que esa situación también puede darse en empresas no japonesas.

Estas afirmaciones se pueden sancionar con las publicaciones de Shonberger (1987) y de Seperhi (1986), que realizaron sendos estudios acerca de la implantación de técnicas JIT en empresas occidentales, donde se muestran las numerosas mejoras experimentadas en dichas empresas con la introducción de la filosofía de producción JIT.

En el caso de España, algunas de las experiencias iniciales de implantación de técnicas de producción JIT, como fueron el caso de Enasa y Ularco, mostraron la viabilidad de estos enfoques en nuestro país (Valtueña, 1984).

Posteriormente, en el estudio de Bañegil (1993), a partir de una encuesta realizada en empresas con instalaciones en España, se estima que un 75 por 100 de dichas empresas habían introducido o tenían en proyecto implantar algunas de las técnicas de producción JIT.



con mayor frecuencia, con lo que se conseguía reducir sustancialmente los inventarios de materia prima. Este tipo de suministro (justo cuando se necesita) se extendió a otras empresas, que empezaron a exigir a sus proveedores entregas justo a tiempo, a la vez que aplicaban esta forma de trabajar en sus operaciones internas. Asimismo, en los astilleros japoneses también se introdujeron técnicas de calidad total y sistemas de reducción de tiempos de cambio, en particular en las grandes prensas, lo que constituiría el origen de buena parte de las técnicas JIT actuales.

Aunque ya había otras compañías en Japón que aplicaban conceptos y técnicas que luego se conocieron con el nombre genérico de JIT, el sistema de producción de Toyota se mostró como uno de los sistemas de producción JIT más avanzados, con ideas muy innovadoras sobre la producción en la industria repetitiva.

Desde el punto de vista de los objetivos de la gestión de producción, la filosofía JIT que se puso en práctica en el sistema de fabricación de Toyota se traduce en un sistema que tiende a producir justo lo que se requiere, cuando se necesita, con excelente calidad y sin desperdiciar recursos del sistema.

Aunque existe cierta controversia, la mayoría de los investigadores actuales

de gestión de producción coinciden al afirmar que el JIT es una metodología de organización de la producción que tiene implicaciones en todo el sistema productivo. Con esta afirmación se intenta reforzar la idea de que el JIT, además de proporcionar métodos para la planificación y el control de la producción, incide en muchos otros aspectos de los sistemas de fabricación, como son, entre otros, el diseño de producto, los recursos humanos, el sistema de mantenimiento o la calidad.

Si bien existen numerosas definiciones para describir el objetivo de partida de un sistema JIT, aquí se prefieren las proporcionadas por Monden (1996) y Schonberger (1982) que, en esencia, son la misma: «*Producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesitan*».

Este objetivo, muy general, se puede concretar introduciendo el concepto de eliminación del despilfarro, definido por Suzuki (1987) como: «*cualquier cosa que no sea utilizar o consumir el mínimo imprescindible de equipo, materiales, componentes, espacio y tiempo del trabajador para añadir valor al artículo que se produce*».

Así, el objetivo de partida de los sistemas JIT, se traduce en la eliminación del *despilfarro*; es decir, en la búsqueda de problemas y en el análisis de soluciones para la supresión de actividades innecesarias y sus consecuencias, como son: sobreproducción (fabricar más productos de los requeridos), operaciones innecesarias (que se tratan de eliminar mediante nuevos diseños de productos o procesos), desplazamientos (de personal y de material), inventarios, averías, tiempos de espera, etcétera.

El concepto de eliminación del despilfarro conlleva dos aspectos fundamentales de la filosofía JIT:

■ El enfoque proactivo, que consiste en la búsqueda de problemas antes de que sus consecuencias se manifiesten espontáneamente. Dicho enfoque se refuerza mediante las iniciativas de *mejora continua* en todas las áreas del sistema productivo.

Investigaciones más recientes, como Hallihan *et al* (1997), muestran la amplia difusión de los sistemas de producción JIT en empresas de todo el mundo.

Aparición y objetivos de los sistemas JIT

Numerosos investigadores coinciden en apuntar que los inicios del JIT surgen en las funciones de aprovisionamientos de los astilleros japoneses (Shonberger, 1982). El exceso de capacidad de los fabricantes de acero permitía entregas muy rápidas a los constructores de barcos. Dichos constructores aprovecharon la situación haciendo que sus proveedores suministraran en menores cantidades

■ La desagregación del objetivo general de la filosofía JIT en objetivos que afectan a todos los aspectos de la producción, y que dan lugar a diversas formas de actuación recogidas en las *técnicas de producción JIT*, que se presentan a continuación.

Clasificación de las técnicas JIT

Los sistemas de producción JIT tienen como propósito fundamental generar un flujo de productos con la suficiente flexibilidad para adaptarse a los cambios de la demanda, al mismo tiempo que se intentan disminuir los *despilfarros* descritos en el apartado anterior.

Para conseguir estos objetivos, en los sistemas JIT se ponen en marcha soluciones organizativas y tecnológicas que se denominan *Técnicas de producción JIT*. A continuación, se proporciona una clasificación revisada de las técnicas JIT

Es necesario señalar que esta clasificación no es exhaustiva, y que los grandes grupos en los que se han agrupado las técnicas son orientativos, con la intención de indicar sobre qué actividades del sistema de producción inciden fundamentalmente dichas técnicas. En cualquier caso, la implantación de cada técnica repercutirá, de uno u otro modo, en otras actividades del sistema de fabricación.

Líneas de modelos mezclados

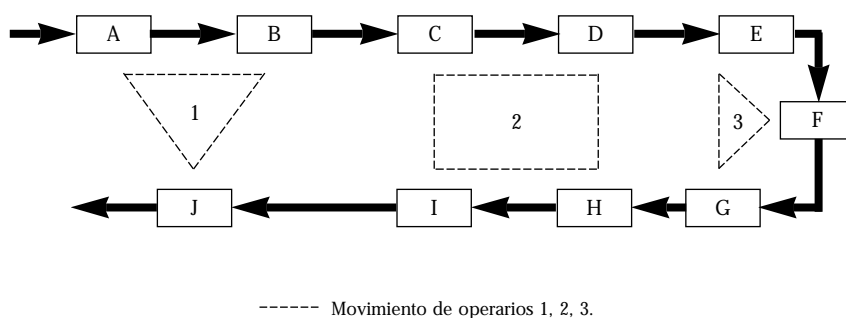
Según esta configuración, la fabricación de distintos artículos se realiza en una sola línea, en vez de utilizar varias líneas especializadas. De esta forma, cualquier puesto de trabajo de una línea debe estar preparado para trabajar, consecutivamente, con unidades de diferentes artículos, de forma que los cambios continuos de un producto a otro no repercutan sobre el funcionamiento del conjunto de la línea.

Este tipo de líneas es el que mejor se adapta al entorno productivo actual, ya

TABLA 1
TÉCNICAS UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN JIT

Organización de las operaciones	Programación de la producción	Sistemas de apoyo a la producción	Recursos humanos
<ul style="list-style-type: none"> – Líneas de productos mezclados. – Líneas de fabricación en forma de «U». 	<ul style="list-style-type: none"> – Nivelado de la producción. – Sistema de información Pull. – Sistemas de aprovisionamientos JIT. 	<ul style="list-style-type: none"> – Aseguramiento de la calidad (TQM). – Mantenimiento productivo total (TPM). – Reducción de tiempos de preparación (SMED). 	<ul style="list-style-type: none"> – Fomento de la Polivalencia de los trabajadores. – Control autónomo de defectos. – Aprovechamiento ideas de los trabajadores.

FIGURA 1
DISPOSICIÓN DE LÍNEA SECUNDARIA EN FORMA DE U



que favorece la fabricación de productos muy variados en plazos de entrega aceptables.

Las líneas de modelos mezclados están más implantadas en el montaje final que en las líneas de fabricación, ya que en el montaje se suele utilizar más mano de obra, y ésta es muy flexible. Realizar una operación de montaje en un producto diferente sólo requiere, en la mayoría de los casos, que el operario tome una pieza en vez de otra.

Líneas de fabricación en forma de u: fabricación celular

En su intento de simplificar la fábrica, el enfoque JIT propone organizarla de modo que se simplifiquen los flujos de material. Para ello, se agrupan por familias los componentes similares, y se constituyen líneas dedicadas a la fabricación de cada familia de componentes.

No todas las disposiciones lineales en planta son igualmente eficaces para conseguir flexibilidad. La forma más sencilla de disponer las máquinas consiste en que cada operario maneje, de forma aislada, un mismo tipo de máquina. Esto conlleva una desventaja importante: el puesto de trabajo del operario es adyacente a otros dos puestos, con lo que se limitan las posibilidades de ayuda mutua entre trabajadores y la reasignación de operaciones para responder a los cambios de la demanda.

Para poder aumentar la flexibilidad mediante distintas asignaciones de trabajadores, la disposición que se ha mostrado más adecuada es distribuir los equipos de las líneas secundarias en forma de U, donde el comienzo y el final de la línea están juntos.

Las ventajas de esta distribución de los equipos se derivan de que cada operario tiene más puestos adyacentes que en la disposición en línea recta, por lo que un mismo operario puede trabajar en dife-

rentes puestos sin grandes desplazamientos, lo que proporciona flexibilidad para adaptarse a cambios en la demanda. Asimismo, se mejora el control visual de los trabajos y se facilita la comunicación y la ayuda mutua entre los trabajadores.

Nivelado de la producción

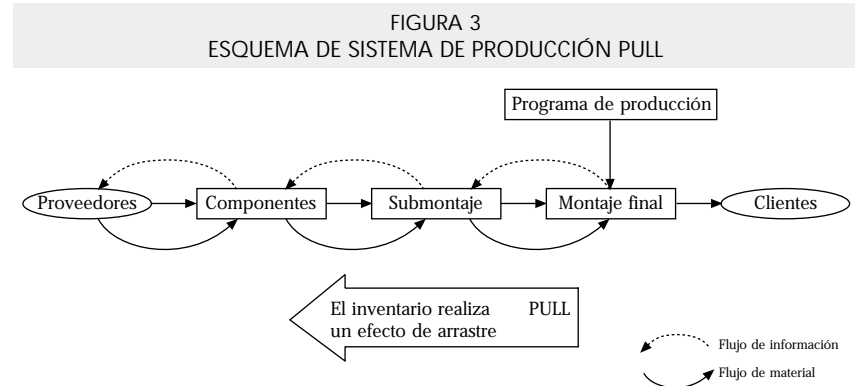
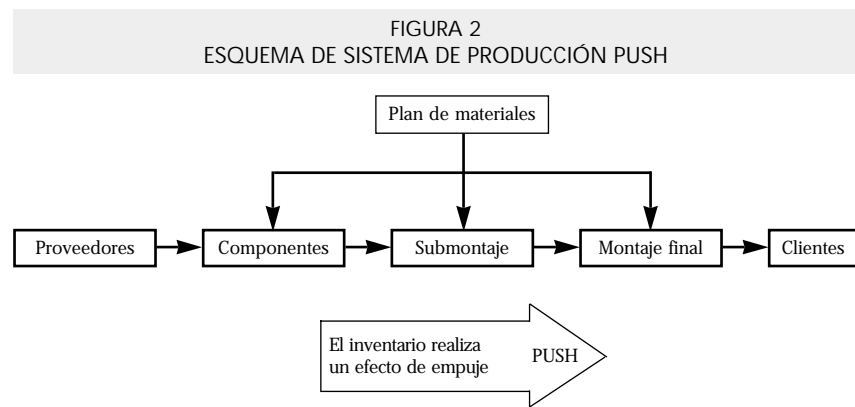
Como señala MONDEN (1996), el método que se utiliza en los sistemas JIT para adaptar la producción a la demanda se denomina *nivelado de la producción*, y su objetivo es reducir las fluctuaciones de las cantidades a fabricar de cada familia o producto.

La demanda de los productos puede cambiar considerablemente según la estación, lo que afecta a los volúmenes mensuales de producción; o incluso puede ser mayor en los primeros días de un mes que en los últimos. El *nivelado de la producción total* intenta regular este desequilibrio, procurando que los volúmenes de producción sean lo más constantes posibles.

En este sentido, si se considera la producción de una familia de artículos, inicialmente se prepara un plan de producción mensual, a partir de las previsiones y los pedidos en firme. El nivelado de la producción consiste en determinar el volumen diario de producción, de forma que se mantenga aproximadamente constante.

Este volumen diario no indica las cantidades exactas que se deben fabricar, sino una guía para advertir a los responsables de los centros de trabajo cuáles van a ser sus necesidades en un futuro próximo.

Una vez que se han dispuesto los recursos necesarios para producir, aproximadamente, las cantidades que proporciona el nivelado de la producción, se establece la programación exacta, que sólo se entrega a las estaciones la línea de montaje, y desde allí, mediante la utilización de un sistema de señales que se indicará a continuación, se desencadena el proceso de fabricación en las líneas de fabricación de componentes que abastecen a la línea de montaje.



Sistemas de información pull

Según se ha visto, a partir del nivelado de la producción se elaboran los programas que indican las cantidades y el orden con que los productos deben atravesar la línea de montaje final.

En un sistema JIT, las líneas de fabricación que abastecen de componentes a los puestos de montaje se coordinan con dichos puestos mediante un sistema de información que permita reponer las piezas que se consumen en el montaje final.

Los sistemas tradicionales de producción se caracterizan por la utilización de sistemas de producción tipo *push* (o de empuje). Esta forma de producción genera, a partir de pedidos en firme y previsiones, las órdenes de aprovisionamiento y producción, que se controlan mediante un sistema de información centralizado. Así, la finalización de dichas órdenes desencadena el lanzamiento de los correspondientes procesos posterior-

es, que son «empujados» por los precedentes (ver figura 2).

Como contraposición a estos sistemas de información, en los sistemas JIT se utilizan sistemas de información *pull* (o de arrastre). Según se observa en la figura 3, en un sistema *pull* el consumo de material necesario para un proceso desencadena la reposición por el proceso precedente, con lo que únicamente se reemplaza el material consumido por el proceso posterior.

Para llevar a la práctica un sistema de información tipo pull, se necesita un sistema de señales que desencadene la producción entre dos estaciones de trabajo consecutivas. En los sistemas de producción JIT este sistema de señales más difundido es el sistema *Kanban*, en el que utilizan tarjetas incorporadas a los contenedores de material. El consumo de tales contenedores «libera» su tarjeta kanban, que actúa como orden de reposición para el proceso precedente.

Sistemas de aprovisionamiento JIT

Las características de los sistemas productivos JIT obligan a los suministradores de materias primas y componentes a programas con entregas muy exigentes. En efecto, la programación flexible exige de los proveedores entregas frecuentes y en pequeñas cantidades.

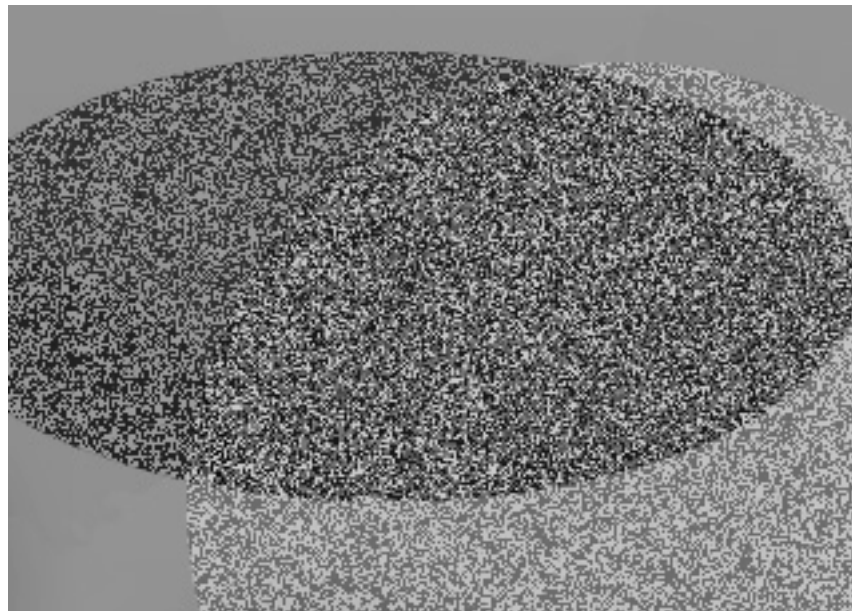
Para que se puedan cumplir estos programas, a veces con varias entregas diarias, es necesario que los suministradores de material sean considerados como parte del sistema de producción, y que se establezca un trato de cooperación que permita entregas de calidad y sin retrasos. Debido a ello, la calidad concertada entre el fabricante y los proveedores es una práctica muy difundida en los sistemas de producción JIT.

Sistemas de aseguramiento de la calidad: gestión de calidad total (TQM)

Hoy en día, en los sistemas de fabricación más avanzados se utilizan las técnicas de aseguramiento de la calidad que se han venido desarrollando desde hace décadas en los sistemas de producción JIT, englobadas bajo las siglas TQM, *Total Quality Management* o *Gestión de la Calidad Total*.

La enumeración y el desarrollo de todos los aspectos que relacionan los sistemas de calidad japoneses con sus sistemas de producción excede con mucho el propósito de este artículo. Por ello, sólo se señalan los principales aspectos de los sistemas de calidad en el enfoque JIT, que son, entre otros: formación, dirección participativa, sistemas de información, métodos estadísticos, sistemas de costes asociados a la calidad, auditorías de calidad, participación de los trabajadores.

A modo de ejemplo, es significativo que en la actualidad en los sistemas JIT se haya pasado de cuantificar los fallos según los «niveles aceptables de calidad» (AQL), medidos en % de defectos admisibles, a computar los fallos en «partes por millón» (PPM).



Mantenimiento Productivo Total (TPM)

En un sistema de producción en el que se tiende a utilizar el mínimo inventario entre procesos, cualquier fallo en la maquinaria puede dar lugar a graves consecuencias para el conjunto del sistema productivo.

Para lograr un flujo de piezas y componentes en pequeños lotes, justo en el momento que dichas piezas se necesitan, es necesario no rehacer trabajos, no producir piezas de más en prevención de fallos futuros, no fabricar piezas de prueba para ajustar las máquinas y no dañar las piezas durante la manipulación o el transporte.

El Mantenimiento Productivo Total es una adaptación del Mantenimiento Productivo occidental, al que los japoneses han añadido la palabra «Total», para especificar que el conjunto del personal de producción debe estar implicado en las acciones de mantenimiento y, asimismo, que deben ser integrados los aspectos relacionados con el mantenimiento de equipos, preparación de equipos, calidad, etcétera, que tradicionalmente se trataban de forma separada.

Esta situación genera en los operarios un ambiente de responsabilidad en relación con la seguridad y el funcionamiento de su puesto de trabajo, involucrando a los

trabajadores en tareas de mantenimiento, induciéndolos a prevenir averías y, en definitiva, implicándoles en el objetivo, más general, de la mejora continua.

Reducción de los tiempos de preparación (sistema SMED)

Históricamente, el uso de grandes lotes nació como una solución «económica» ante los tiempos y costes de preparación elevados.

No obstante, en la gestión de inventarios convencional se acota el tamaño de los lotes estableciendo un balance entre las actividades de preparación y almacenaje (modelo de la cantidad económica de pedido o EOQ).

Sin embargo, la producción en lotes presenta serias limitaciones en un entorno con mucha variabilidad en las configuraciones finales de los productos, con la demanda cambiante y que requiere gran rapidez de respuesta. Más todavía si se consideran los perjuicios derivados de tener grandes cantidades de stock de productos intermedios o finales.

En los sistemas JIT se intenta trabajar con lotes del menor tamaño posible, que se corresponden con los contenedores mencionados en el sistema kanban. Con este enfoque, los *tiempos de preparación* se convierten en un problema

fundamental para que los plazos de fabricación de los sistemas JIT sean aceptables.

En este sentido, los trabajos de Shigeo Shingo, dieron lugar al sistema SMED (Single Minute Exchange of Die), una metodología para reducir los tiempos de preparación de la maquinaria, que toma su nombre del objetivo de tratar de reducir los tiempos de cambio de matrices de grandes prensas a tiempos inferiores a los diez minutos.

El sistema SMED parte de la idea de separar las operaciones de preparación de la maquinaria en dos tipos sustancialmente diferentes (Shingo, 1985): 1) *Operaciones de preparación interna*: que pueden realizarse sólo cuando la máquina está parada. 2) *Operaciones de preparación externa*: que pueden realizarse con la máquina en funcionamiento.

A partir de esta idea, la metodología SMED establece una serie de fases para la conversión de tiempos de preparación interna en preparación externa y, posteriormente, la reducción en lo posible tanto los tiempos de preparación interna como externa.

Polivalencia de los trabajadores

Si se desea producir a un ritmo similar a la demanda es necesario modificar las asignaciones de los operarios en las líneas, de forma que los trabajadores sean capaces de responder a modificaciones en la duración del ciclo, en el orden de las operaciones y, en muchos casos, a cambios en el propio contenido de las tareas.

Para que los operarios puedan responder adecuadamente ante estos cambios, deben ser polivalentes. Es decir, tienen que estar capacitados para realizar distintas tareas (Ebeling, 1994).

En los sistemas de producción JIT, una técnica para fomentar la polivalencia es la *rotación de tareas*. Se establecen planes de rotación diarios o semanales para que los trabajadores pasen por distintos procesos de su sección y desempeñen tareas diferentes, con lo que se aumenta

TABLA 2
ADECUACION DEL ENFOQUE JIT AL ENTORNO ACTUAL

Situación del entorno actual	Soluciones tecnológicas y organizativas JIT
Necesidades de flexibilidad en la fabricación	Líneas de productos mezclados Líneas en U, Sistema de información pull-kanban Sistema SMED Sistema TPM Polivalencia de los trabajadores Sistemas de aseguramiento de la calidad (TQM)
Exigencias de Calidad	Control autónomo de defectos Aprovechamiento ideas de los trabajadores
Cambios en las políticas de recursos humanos	Políticas de recursos humanos en los sistemas JIT.

la destreza, se disminuye la monotonía y se facilitan los procesos de ayuda mutua.

Control autónomo de defectos

Hasta los años cincuenta, las actividades relacionadas con el control de calidad en Japón eran, en su mayor parte, inspecciones rigurosas llevadas a cabo por personal especializado ajeno a las tareas directas de producción (Monden, 1996).

Sin embargo, este tipo de inspecciones se han ido eliminando paulatinamente por varias razones. En principio, el concepto de *despilfarro* pone en cuestión la existencia de inspectores ajenos a las tareas de producción, ya que esta actividad no añade valor al producto. Por otra parte, la información de control que proporcionan los inspectores tarda en llegar. Mientras tanto, continúan produciéndose piezas defectuosas hasta que se descubre y se corrige la causa del problema. Además, la lentitud de los procesos de inspección provocan la utilización de muestras donde se asume un «nivel de defectos aceptable», lo que es incompatible con los objetivos de calidad JIT, ya que implica el riesgo de que algunas piezas defectuosas pasen al proceso siguiente..

En los sistemas JIT se implantan sistemas de autocontrol en los que es el propio trabajador el que controla la calidad de su trabajo, consiguiéndose una rápida respuesta del sistema en cuanto se produce un defecto.

Aprovechamiento de las ideas de los trabajadores

Los planes de sugerencias constituyen una herramienta de gestión muy eficaz para aprovechar las ideas de los empleados. En los sistemas de producción JIT se han desarrollado sistemas de sugerencias, acompañados por incentivos para los trabajadores, que han supuesto grandes beneficios. Los planes de sugerencias de los sistemas de producción JIT no son muy distintos de los que se utilizan en los sistemas tradicionales de occidente. Las diferencias están en la importancia que estos planes reciben en un ambiente donde se estimula la participación de los trabajadores en todos los aspectos del sistema productivo.

Conclusiones

Según se ha mencionado, muchas de las dificultades con las que se encuentran en la actualidad las empresas de fabricación tienen su origen en la evolución del entorno, que ha hecho que los enfoques tradicionales de gestión de la producción muestren importantes limitaciones para responder a las nuevas situaciones.

Hoy en día se siguen produciendo cambios que, a su vez, provocan evoluciones tecnológicas y organizativas que están condicionando la forma de producir en el nuevo milenio.

En este artículo se ha presentado el enfoque JIT, identificando las características que se consideran relevantes de la buena adaptación de dicho enfoque a la

situación actual de los sistemas de producción.

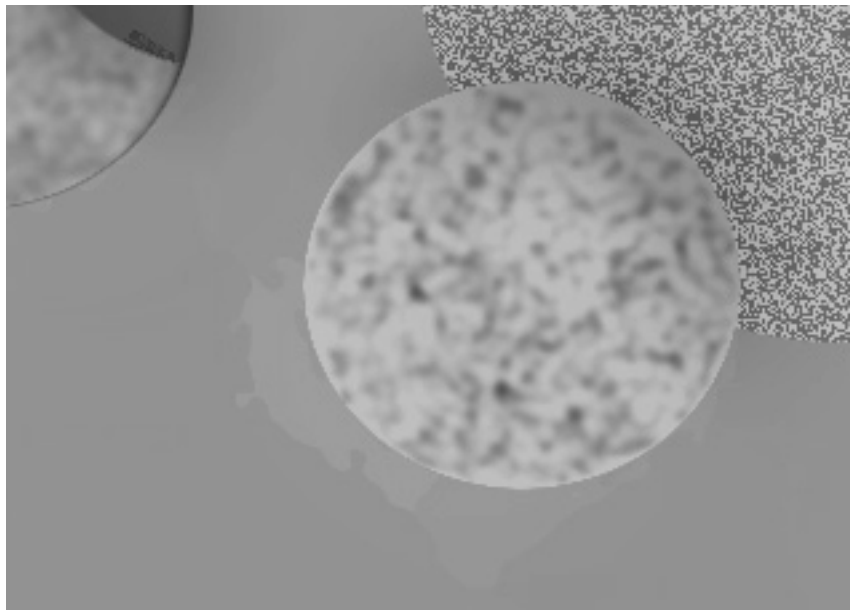
Hoy en día, las empresas deben fabricar, en cantidades variables y con una demanda inestable una amplia variedad de productos de calidad, sin que esto suponga un incremento considerable en el precio final. Debido a ello, las nuevas estrategias de fabricación tienen que considerar como uno de sus objetivos fundamentales aumentar la flexibilidad en la producción.

Como se ha mencionado, muchas de las técnicas de fabricación JIT se enfocaron desde su aparición al aumento de la flexibilidad en la fabricación. Así, la introducción de líneas de productos mezclados, los sistemas de cambio rápido (SMED), la polivalencia de los trabajadores, el nivelado de la producción, etcétera, son técnicas que permiten producir con cierta variabilidad, según las cantidades y los plazos que demanda el mercado.

Asimismo, la importancia de los errores y sus efectos es cada vez mayor en los sistemas productivos. Un enfoque activo de búsqueda de problemas potenciales como el propugnado en los sistemas JIT es una respuesta adecuada ante tales exigencias.

Los objetivos de mejora continua y la adaptación a las necesidades del mercado, han hecho que los sistemas JIT empleen sistemas que aseguran la calidad de los productos y la satisfacción del consumidor. Por ello, las técnicas JIT para el aseguramiento de la calidad se han difundido por todo el mundo, incluso en sistemas de producción que no tienen otras características JIT.

Por último, en la actualidad se requieren trabajadores que cooperen en tareas en las que no estaban involucrados en el enfoque tradicional. Es necesario que los operarios ayuden a la concepción y puesta en marcha de nuevas soluciones, en las que la mejora continua y el trabajo en grupo son ya una realidad.



En los sistemas de fabricación JIT se intenta restringir lo menos posible las características de un puesto de trabajo, y se involucra a los trabajadores en asuntos como la mejora de la calidad, la organización de los puestos de trabajo, así como en operaciones de mantenimiento.

En este sentido, es mucha la importancia que cobra la predisposición y la formación del trabajador al aplicar procedimientos que se utilizan en los sistemas JIT como: TQM, TMP, SMED, fomento de la polivalencia de trabajadores, aprovechamiento de las ideas de los trabajadores, etcétera.

Bibliografía

- ADACHI *et al.* (1995): «A concurrent engineering methodology using analogies to Just-In-Time concepts», *I. J. of Production Research*, volumen 33, número 3.
- BAÑEGIL, T. M. (1993): «El sistema JIT y la flexibilidad de la producción», Ed.: Pirámide, S.A.
- EBELING, A. C. y LEE, A. C. (1994): «Cross-training effectiveness and profitability», *International Journal of Production Research*, volumen 32, número 12.
- HALL (1983): «Zero Inventories», *Homewood III Down Jones -Irwin Management Journal* (Fourth Quarter).
- HALLIHAN *et al.* (1997): «JIT Manufacturing: the evolution to an implementation model founded in current practice», *International Journal of Production Research*, volumen 35, número 4.

- MONDEN, Y. (1983): «Toyota Production System», Institute of Industrial Engineering, USA.
- MONDEN, Y. (1996): «Toyota Production System: an integrated approach to just-in-time», 2.^a edición Industrial Engineering and Management.
- ORLICKY, J. (1975): «Material Requirements Planning», Ed. Mc Graw-Hill.
- SEPEHRI (1986): «Just in Time, Not Just in Japan: Case Studies of American Pioneers in JIT implementation», American Production and Inventory Control Society, Falls Church.
- SCHONBERGER, R. J. (1982): «Japanese Manufacturing Techniques», The Free Press.
- SCHONBERGER, R.J. (1987): «World Class Manufacturing Case Book», Free Press N.Y.
- SHINGO, S. (1985): «SMED System» Productivity Inc. (Se ha utilizado la versión en castellano, 1990 «Una revolución en la producción: el sistema SMED», Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A.).
- SUZAKI, K. (1987): «The New Manufacturing Challenge. Techniques for Continuous Improvement», N.Y. Free Press.
- VALTUEÑA, M. (1984): «Aplicación del sistema JIT en ENASA», Proyecto Fin de Carrera, ETSI Industriales (UPM), U.D., Organización de la producción.
- WOMACK, J. P. *et al.* (1990): «The machine that changed the world», Ed.: Rawson Associates, Macmillan Publishing Company.

PUBLICIDAD
MANUAL DE TRANSFERENCIA
DE TECNOLOGIA