



308917  
UNIVERSIDAD PANAMERICANA

Escuela de Ingeniería  
con estudios incorporados a la  
Universidad Nacional Autónoma de México

23

Lej.

## “MANUFACTURA SINCRONIZADA, UNA NUEVA FILOSOFÍA DE MANUFACTURA”

T E S I S

Que para obtener el título de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

Área: Ingeniería Industrial

Presenta: Martha Lydia Gómez  
Ríos

Director: Fis. Mariano Romero Valenzuela

México, D.F. 1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

53087



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIA**

**A mi familia, mis padres, mi hermano, mi hermana y mi abuela, porque esto es el fruto de un esfuerzo en conjunto.**

**Gracias por todo ese apoyo incondicional y por estar presentes en los momentos más importantes de mi vida.**

**A mis padres, gracias por ser mis mejores amigos y por enseñarme a vivir el significado de lealtad, responsabilidad, respeto, honestidad y audacia. Y a mi abuela por enseñarme con su ejemplo el valor del trabajo.**

**Sin todos ustedes no hubiera sido igual.**

**Con todo cariño**

**La libertad, Sancho, es uno de los más preciosos dones que a los hombres dieron los cielos. Con ella no pueden igualarse los tesoros que encierra la tierra ni el mar encubre; por la libertad, así como por la honra, se puede y debe aventurar la vida.**

**Y por el contrario, el cautiverio es el mayor mal que puede venir a los hombres.**

**Miguel de Cervantes Saavedra**

## **INDICE**

<b>1. QUÉ ES MANUFACTURA SINCRONIZADA</b>	<b>1</b>
1.1. DEFINICIÓN	1
1.1.1. Objetivos	1
1.1.2. Características generales	2
1.1.3. Beneficios de MS	8
1.2. PRINCIPIOS DE MS	9
1.3. CICLO DE MS	10
<b>2. EVOLUCIÓN DE MS</b>	<b>12</b>
2.1. LECCIONES DE LA HISTORIA	12
2.1.1. El sistema Ford	12
2.1.2. El JIT Japonés	13
2.1.3. ¿Cuál fue el error?	13
2.2. LA IMPORTANCIA DEL FLUJO DE PRODUCCIÓN	13
2.2.1. El valor del producto y del tiempo	13
2.2.2. El papel de la mezcla de producto	13
2.2.3. Analogía con un Río	13
2.3. EVALUANDO LAS LÍNEAS DE ENSAMBLE Y LOS SISTEMAS JUST-IN-TIME	16
2.3.1. Líneas de ensamble	16
2.3.1.1. Por qué funcionan las líneas de ensamble (incorporando los principios de MS)	18
2.3.1.2. Limitaciones de las líneas de ensamble vs MS	18
2.3.2. Sistemas Justo a Tiempo (Just-In-Time)	19
2.3.2.1. Por qué funciona el sistema KANBAN - ejecutando los principios	20
2.3.2.2. Limitaciones del JIT vs MS	21
<b>3. HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA SINCRONIZADA</b>	<b>24</b>
3.1. RECURSOS HUMANOS	24
3.1.1. Facilitadores	24
3.1.2. Proceso de Grupos	25
3.2. CUELLOS DE BOTELLA, NO CUELLOS DE BOTELLA Y RESTRICCIONES EN LA CAPACIDAD	26
3.2.1. Localización del cuello de botella	27
3.2.2. Ahorro de tiempo en los cuellos de botella y en los no cuello de botella	28
3.3. CONTROL DE CALIDAD (CC)	28
3.3.1. Objetivos de CC en Manufactura Sincronizada	28

<b>3.4.</b>	<b>TAMAÑO DEL LOTE</b>	<b>31</b>
3.4.1.	Cómo determinar el tamaño del lote	31
3.4.2.	Reducción del tamaño del lote	33
<b>3.5.</b>	<b>MANUFACTURA FLEXIBLE</b>	<b>36</b>
3.5.1.	Flexibilidad	36
3.5.2.	Elementos Críticos	37
3.5.3.	Manufactura Celular	38
3.5.3.1.	Formación de Células	38
3.5.3.2.	Diferencias principales de Manufactura Celular vs. Manufactura Tradicional	39
<b>3.6.</b>	<b>CLASIFICACIÓN VAT</b>	<b>42</b>
3.6.1.	Plantas-V	42
3.6.1.1.	Características Generales de las Plantas-V	42
3.6.1.2.	Consecuencias del manejo tradicional en plantas-V	43
3.6.1.3.	Aplicación de MS en las plantas-V	45
3.6.2.	Plantas-A	46
3.6.2.1.	Características Generales de las Plantas-A.	47
3.6.2.2.	Consecuencias del manejo tradicional en plantas-A	48
3.6.2.3.	Aplicación de MS en las plantas-A.	50
3.6.3.	Plantas-T	51
3.6.3.1.	Características Generales de las Plantas-T.	52
3.6.3.2.	Consecuencias del manejo tradicional en plantas-T	53
3.6.3.3.	Aplicación de MS en las plantas-T.	56
<b>3.7.</b>	<b>KANBAN Y EL SISTEMA "JALAR"</b>	<b>57</b>
3.7.1.	Principios del sistema "PULL"	60
3.7.2.	Implantación del sistema "PULL"	61
3.7.3.	Aplicando los principios de MS	65
<b>3.8.</b>	<b>DEFINICIÓN DE COSTOS</b>	<b>66</b>
3.8.1.	Costos ABC	66
<b>3.9.</b>	<b>TIEMPOS DE ENTREGA</b>	<b>68</b>
3.9.1.	Cómo Reducir en Forma Significativa los Tiempos de Entrega	69
<b>3.10.</b>	<b>CONTROL VISUAL</b>	<b>70</b>
3.10.1.	Controles Visuales	70
3.11.	Mantenimiento	71
3.11.1.	Criterios de Mantenimiento.	73
3.11.2.	Cómo minimizar las fallas del proceso de producción.	74
<b>3.12.</b>	<b>DESARROLLO DE PROVEEDORES</b>	<b>75</b>

<b>4.</b>	<b>EL ROL ESTRATÉGICO DE MANUFACTURA SINCRONIZADA</b>	<b>78</b>
4.1	EL PAPEL DE MANUFACTURA EN UNA ESTRATEGIA CORPORATIVA	78
4.1.1.	Una visión estratégica para Manufactura	79
4.1.2.	Capacidades de producción como armas competitivas	80
4.2.	DESARROLLANDO E IMPLEMENTANDO UNA ESTRATEGIA DE MANUFACTURA	80
4.2.1.	Metodología de Implantación	81
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>83</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>86</b>

**Algunos hombres observan el mundo y se preguntan ¿por qué?**

**Otros hombres observan el mundo y se preguntan ¿por qué no?**

**G. Bernard Shaw**



# 1. QUÉ ES MANUFACTURA SINCRONIZADA

## 1.1. DEFINICIÓN

→ MS es un enfoque organizacional que sistemáticamente siguen todos los miembros de una organización para identificar y eliminar cualquier actividad que no le agregue valor a su producto o servicio. Los componentes, subensambles y productos deben estar siempre en el lugar exacto, en la cantidad exacta, en el tiempo exacto y con la calidad óptima.

Manufactura Sincronizada es una filosofía, cuyos principios pueden aplicarse a cualquier organización de manufactura, y que incluye un conjunto de procedimientos y técnicas donde cada acción es evaluada en términos de la meta común de la organización. Así, a través de la Mejora Continua, se busca disminuir los tiempos de fabricación, mantener o aumentar la calidad del producto o servicio<sup>1</sup> y disminuir los costos que genera su producción.

### 1.1.1. Objetivos

#### OBJETIVO DE MANUFACTURA SINCRONIZADA

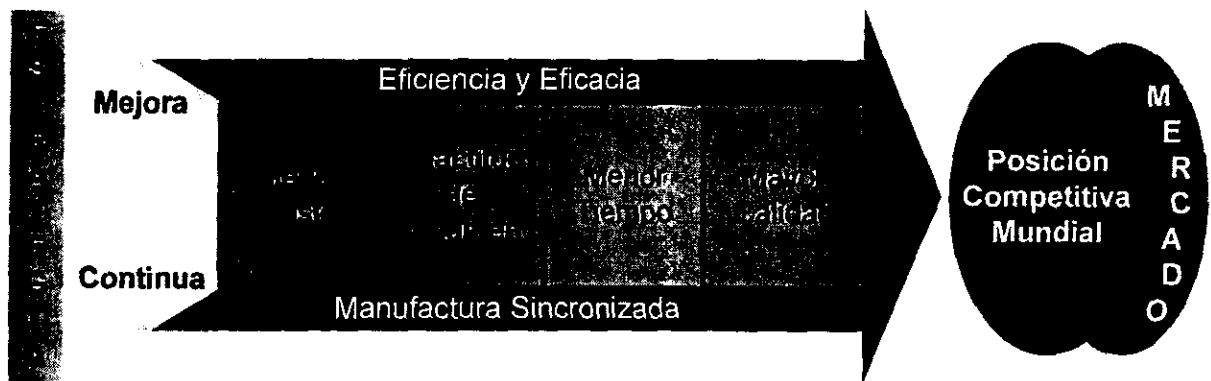


Fig. 1 Objetivos de la Manufactura Sincronizada

Los objetivos principales de MS son los siguientes:

- ✓ Optimización de todos los recursos para producir productos o proporcionar un servicio con Calidad de Clase Mundial en el menor tiempo posible, en la cantidad precisa y al menor costo, tomando como base la demanda del cliente.
- ✓ Establecer un sistema de negocios efectivo y eficiente fundamentado en el mejoramiento continuo de la posición competitiva de la empresa a nivel mundial. Sincronizar y optimizar todos los recursos con los que cuenta la empresa para fabricar un producto o dar un servicio no es fácil. Por esta razón se tienen que establecer estrategias de mejora

<sup>1</sup> De aquí en adelante, al mencionar *producto* también se referirá a *servicio*.

continúa sin perder de vista que se quiere lograr una posición competitiva internacional. De esta forma, MS define un sistema de negocios eficiente que maneja trabajadores, máquinas y materiales de tal forma que mantiene los costos en el mínimo, fabricando el volumen exacto que demanda el mercado, en el menor tiempo y con la mayor calidad del mercado .

### **1.1.2. Características generales**

La característica principal, como su nombre lo dice, es precisamente la **SINCRONIZACIÓN** de las actividades de la empresa. El concepto de sincronización consiste en la rapidez del servicio al cliente, la cual sumada a la calidad del producto produce clientes satisfechos. La sincronización permite acelerar el flujo de productos en el proceso eliminando cualquier actividad que no proporcione un valor adicional al producto ofrecido, como por ejemplo:

- ✓ Tiempos Ociosos de Inventarios
- ✓ Tiempos de Espera (cola en cuellos de botella o tiempos de preparación)
- ✓ Tiempos de Transporte o Movimientos

A pesar de la gran cantidad de sistemas de control de manufactura que pueden ser utilizados, la única diferencia significativa que existe entre ellos es si el flujo del producto es o no sincronizado.

En el flujo de manufactura no sincronizado los productos tienen un tiempo de entrega muy alto debido a que los materiales pasan gran cantidad del tiempo en colas de espera dentro del proceso. Se ha demostrado que en la mayoría de las plantas de manufactura, un gran porcentaje del tiempo de proceso corresponde al tiempo de espera; en algunos casos, el tiempo de espera puede ser hasta de un 95 % del tiempo total de entrega. Desafortunadamente, esto sucede de manera común en la mayoría de las plantas de manufactura.

En cambio, bajo la filosofía de manufactura sincronizada, los productos tienen un tiempo de entrega relativamente corto, y el tiempo que los materiales pasan en colas de espera no es muy largo. Por lo que el tiempo de proceso es casi igual al tiempo de entrega del material. Para que la planta trabaje correctamente bajo este concepto, la planeación del flujo de materiales a través de la planta se debe sincronizar cuidadosamente para que los materiales pasen de una operación a otra en forma continua sin ningún tipo de retraso.

En resumen, el punto de comparación entre estos dos tipos de manufactura es que un flujo no sincronizado tiende a mantener altos inventarios de producto en proceso y los tiempos de entrega son muy largos. Por el contrario, un flujo de manufactura sincronizado se caracteriza por inventarios bajos de producción en proceso y tiempos de entrega mucho más cortos.

Al sincronizar de manera exacta las actividades de la planta, la empresa comenzará a trabajar bajo un sistema JIT perfecto. Es decir, colocar el producto en el tiempo y lugar exactos, en la cantidad exacta, con la calidad perfecta, y con costos y gastos que tengan un valor agregado. Además la demanda del mercado será igual al volumen de producción.

Para lograr que la planta trabaje bajo un sistema JIT perfecto, la filosofía MS se basa en nueve principios básicos:

1. Eliminación de Desperdicio
2. Examinación / Medición constante
3. Estandarización

4. Capacitación
5. Exactitud / Precisión
6. Trabajo en equipo
7. Mantenimiento Preventivo
8. Control Estadístico
9. Contenerización

## **1.- ELIMINACIÓN DE DESPERDICIO.**

Un desperdicio es todo aquello que tiene un costo y no agrega valor al producto, y por lo tanto el cliente no paga por ello. Además, disminuye el beneficio de accionistas, ejecutivos, empleados y operarios al igual que afecta la posición competitiva de la empresa.

Es evidente que el concepto de reducción del desperdicio es totalmente consistente con el principio de Flujo Sincronizado de Materiales. En muchas organizaciones exitosas, la eliminación de desperdicio es uno de los principales objetivos; el problema es cómo alcanzarlo. La clave para eliminar el desperdicio en una empresa de manufactura recae en la habilidad del ejecutivo en jefe de desarrollar y mantener un flujo sincronizado de materiales y productos dentro, a través y fuera de la planta conforme a la demanda del mercado. El grado de sincronización del flujo de materiales y productos en una planta determina el grado en el que se puede eliminar el desperdicio, y así determinar, desde este punto de vista, el grado en el que la planta puede ser competitiva dentro de su mercado.

Para identificar más fácilmente qué es un desperdicio, los clasificaremos en operativos y administrativos.

Los tipos de desperdicio operativo son:

- a) Inventarios - Se define como cualquier exceso de una pieza en el flujo del proceso, por lo tanto incluye: excesos de suministro, faltantes de requerimientos, productos en proceso y productos terminados.
- b) Sobreproducción - Producir más/menos de lo requerido por el cliente o más rápido de lo que el cliente lo necesita.
- c) Correcciones - Inspección muestral, reprocesos, retrabajos y reparaciones correctivas.
- d) Movimiento de materiales - Cualquier movimiento de materiales que sean más de una pieza en flujo laminar; movimientos de almacén que no sean para entregar al cliente o recibir del proveedor; cualquier movimiento de herramientas que esté fuera de la célula a la que comúnmente sirven.
- e) Proceso - Cualquier esfuerzo, trabajo o actividad que no incida directamente en entregar un valor para el cliente.
- f) Espera - Defasamientos contra lo programado: tiempo ociosos y tiempos no programados.
- g) Señales / Instrucciones - Cualquier señal o instrucción que se requiera enviar al personal o maquinaria y que no esté documentada en los estándares e instructivos; cualquier explicación adicional y no documentada que se requiera en los estándares e instructivos; cualquier seguimiento adicional al estándar y que no agregue valor al producto.

Por otro lado, el desperdicio administrativo se clasifica como sigue:

- a) Indicaciones no comunicadas, mal comunicadas o con información insuficiente
- b) Documentación no utilizada por el cliente

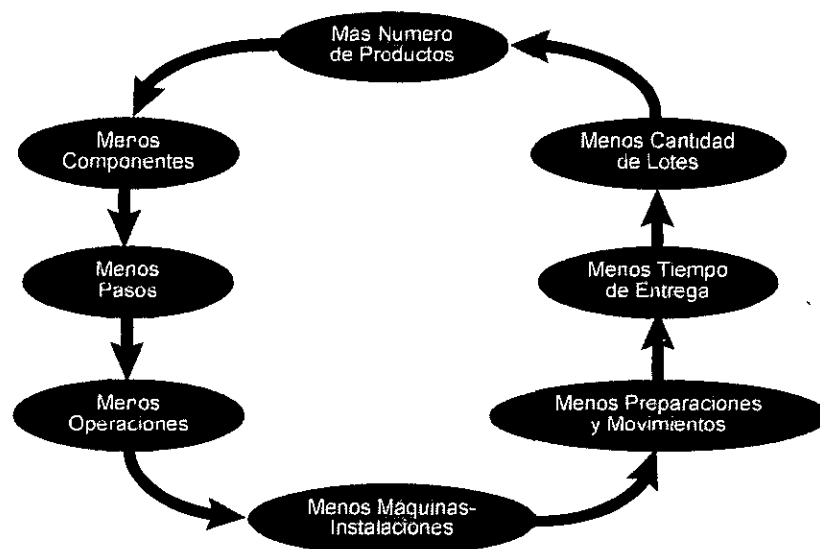
más de un producto. La estandarización de componentes se debe realizar en al menos dos de los siguientes criterios:

- Volúmenes (cantidades)
- Longitudes (dimensiones)
- Especificaciones (características)
- Proveedores
- Costos
- Procesos, operaciones, acabados

*Estandarización de operaciones* consiste en rediseñar los procesos cumpliendo con lo requerido por los clientes y, al mismo tiempo, tratar de que cada operación sea útil para todos o al menos para más de un producto. Así mismo, la estandarización de operaciones se debe realizar en al menos dos de los siguientes criterios:

- Métodos
- Herramientas
- Maquinarias
- Mano de obra requerida
- Tiempos de fabricación
- Secuencia de pasos
- Especificaciones de cumplimiento.

La estandarización de componentes y operaciones da como resultado trabajar con una manufactura más flexible, lo que implica la simplificación continua del proceso productivo; lo anterior se puede visualizar de la siguiente forma:



#### **4. CAPACITACIÓN**

Al implantar un sistema que requiere un cambio en la cultura organizacional, se requiere de una capacitación exhaustiva a todos los niveles de la compañía. En primer lugar, la dirección debe estar convencida de que se necesita cambiar, de otra forma va a ser prácticamente imposible realizar cambios radicales.

Es conveniente que la capacitación se dé en forma piramidal, de la dirección hacia abajo y de acuerdo al nivel de puesto de cada persona. Es muy importante que TODOS participen, aún

- c) Uso de instalaciones / equipos que no sean utilizados por el cliente
- d) Personal que no esté para servir al cliente
- e) Incumplimiento, anomalías, errores, defectos, desviaciones, etc. en los que se incurra
- f) Movimientos que se incurran fuera del lugar de trabajo
- g) Cualquier actividad que no agregue un valor al producto que recibe el cliente

### **Principales causas de desperdicio:**

En la mayoría de las organizaciones es común operar con ciertas anomalías a las que no se les da importancia y que tienen como consecuencia algún desperdicio 'no significativo'. Es importante que el jefe de área tome nota de estas anomalías, identifique el tipo de desperdicio del que se trata y busque una solución para minimizarlo o eliminarlo.

Las causas principales del desperdicio son las siguientes:

- ◆ **Irregularidades** - Fluctuaciones que no se encuentren dentro de un rango aceptable en el programa de trabajo
- ◆ **Sobrecarga** - Forzar a un hombre o máquina a trabajar más allá de sus límites naturales.
- ◆ **Proceso actual** - Utilizar métodos de proceso inalterables sólo porque existen.

Por lo tanto, una vez que se han identificado las causas del desperdicio y que éste ha sido minimizado (eliminado), se deben tomar ciertas medidas con la finalidad de que, en un futuro, no se incurra en gastos que no proporcionen un valor agregado al producto. Algunas de estas medidas preventivas pueden ser:

- ✓ Preguntarse constantemente el por qué de las cosas
- ✓ No acostumbrarse a la rutina
- ✓ No realizar siempre el trabajo de la misma forma, sino que siempre buscar la manera de optimizar el proceso
- ✓ No permitirse ser indiferente a los problemas o condiciones del proceso
- ✓ No justificar por qué no cambiar

## **2. EXAMINACIÓN / MEDICIÓN CONSTANTE**

Manufactura Sincronizada implica operadores multihabilidades, los cuales deben contar con los conocimientos suficientes para conocer la calidad del producto en casi cualquier parte del proceso en el que se encuentre.

Cada operario tiene la capacidad de detectar cualquier defecto tanto en la(s) pieza(s) que recibe, como en la(s) que entrega, ya no sólo realiza la operación, sino que se convierte en un inspector de calidad. Al mismo tiempo toma nota de la información necesaria para el control de producción, control de inventario, especificaciones de calidad, etc.

De esta forma, en cada parte del proceso el operario realiza un control de calidad riguroso para los productos que pasan por ese centro de trabajo.

## **3. ESTANDARIZACIÓN**

La estandarización se realiza sobre los componentes del producto y sobre las operaciones del proceso.

*Estandarización de componentes* consiste en rediseñar los productos cumpliendo con lo requerido por los clientes y tratar de que cada componente sirva para todos o al menos para

aquellas personas que no intervienen directamente en la manufactura del producto, ya que se trata de un **cambio de actitud** a nivel de toda la organización, y se evalúa en términos de la meta común de la organización.

Al principio de esta etapa, se deben identificar los requerimientos de cada persona de acuerdo al trabajo que desempeña. En base a esto, posteriormente se definirá un programa de capacitación en aquellas áreas en las que no cuente con los conocimientos suficientes.

## **5. EXACTITUD / PRECISIÓN**

Al lograr la sincronización de todo el flujo de productos, se cumplirá con los tiempos de entrega prometidos. El producto estará listo en el tiempo y lugar exactos, en la cantidad exacta y con la calidad que el cliente desea.

## **6. TRABAJO EN EQUIPO**

Un grupo de trabajo es aquél en el que sus elementos desarrollan sus aptitudes y tareas en forma sincronizada enfocadas al desarrollo de un objetivo común, aportando cada uno "algo" al proceso y/o producto final. Siendo ese "algo" un valor agregado que realmente mejore, simplifique y economice energía.

Las ventajas principales del trabajo en equipo son las siguientes:

- ✓ Conocimientos de varias perspectivas
- ✓ Lluvia de ideas colectivas (análisis global)
- ✓ Demostración a otros de ideas (con discusión)
- ✓ Soporte permanente del facilitador
- ✓ Respuesta obligada de superiores
- ✓ Entrenadores de calidad

El trabajo en equipo es más productivo que aquél que se realiza individualmente. Otro resultado positivo es que el volumen de producción aumenta cuando se trabaja por equipos y la calidad del producto es más confiable.

## **7. MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Es un sistema de actividades en el cual los empleados trabajan para mejorar tiempos de ciclo y calidad última a través de la Mejora Continua. Los programas de mantenimiento preventivo cuentan con estrategias para prevenir problemas en lugar de detectar y/o corregir. Los objetivos del mantenimiento preventivo son los siguientes:

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| a) Maximizar la efectividad del equipo | e) Mantenimiento de vida del equipo |
| b) Disponibilidad del equipo           | f) Involucrar a todo el personal    |
| c) Autonomía                           | g) Reducción de costos              |
| d) Reducción del desperdicio           |                                     |

## **8. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO (CEP)**

El Control Estadístico de Procesos es una forma de acumular conocimientos y experiencias de una manera coherente y consistente en relación al comportamiento de un proceso, para estar en condiciones de modificar los factores de entrada que permitan obtener un resultado conforme a las expectativas. Es decir, ayuda a conocer las variaciones con respecto a un promedio o un cálculo estimado.

El CEP se enfoca en la prevención de problemas en lugar de su detección. Es un sistema que permite identificar los ajustes necesarios para eliminar la posibilidad de fabricar productos inaceptables; de esta forma se evita la inspección (separar el producto bueno del malo) y los gastos adicionales por retrabajo o desecho.

Durante la transición, será necesaria la inspección para lograr la separación de la porción de productos malos que se elaboran y que gradualmente se irá reduciendo hasta convertirse en cero. Puesto que el cumplimiento de las especificaciones ya no es suficiente, se debe apuntar hacia el objetivo de producir todas las piezas iguales y todas en el valor central.

#### CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL CEP:

1. Llevar un control estadístico no es algo natural para un proceso productivo, más bien, es un logro alcanzado al eliminar una a una las causas de la variación
2. Más que un cumplimiento de especificaciones, el CEP debe usarse para alcanzar la mejora continua
3. La mejora continua de los procesos deriva del uso e interpretación de cartas de control para establecer los controles necesarios

Es una forma integral de pensamiento y para hacerlo funcionar, hay que entrenar a todos en la organización para que puedan llevar récord de la información del proceso y pensar sistemáticamente cuando se presentan problemas. Algunas personas creen que el control estadístico es sólo la aplicación de algunas técnicas estadísticas, pero, las relaciones humanas también juegan un papel crítico porque se requiere un cambio en la actitud de la gente hacia su trabajo. Es por esto que para lograr el control del proceso se requiere mucho tiempo, además de que es necesario un entrenamiento adecuado para cada persona que interviene en el proceso.

#### 9. CONTENERIZACIÓN

Equivale al sistema KANBAN <sup>2</sup> y su herramienta de realización es a través del JIT. Consiste en un suministro continuo de pequeños lotes o unidades en la cantidad y tiempo exacto que se requiere, cuando ya se han consumido los anteriores. Una forma de lograrlo es a través de tarjetas, contenedores estándar de movimiento, mediante procesos de producción y compras sincronizados. Las ventajas obtenidas al utilizar esta herramienta son:

- ✓ Optimización del manejo de materiales
- ✓ Proveer información de transportación y movimiento de materiales indicando el número y nombre de artículos
- ✓ Proveer información de producción incluyendo la cantidad, cuándo, dónde, quién y la secuencia del proceso
- ✓ Prevenir sobreproducción, incompletos y transporte excesivo
- ✓ Prevenir productos terminados defectuosos al 100%
- ✓ Liberación del control de inventarios con mantenimiento intensivo

---

<sup>2</sup> Existe más información acerca del funcionamiento del Kanban en Manufactura Sincronizada en el capítulo 3.7 Kanban y el Sistema "Jalar"

### 1.1.3. Beneficios de MS

Si en algún momento se llegara a tener alguna duda con respecto a la inversión que habría que realizar para trabajar bajo la filosofía MS, basta con conocer los beneficios que se pueden llegar a obtener. Es lógico pensar que no será fácil cambiar la forma tradicional de operación ni de pensamiento en la que se ha estado trabajando, pero si se elabora una buena estrategia del negocio se puede llegar a la meta establecida obteniendo los beneficios deseados.

MS es una filosofía de manufactura que provee el 'paraguas' bajo el cual todos los demás sistemas, como automatización y calidad, deben de ser implantados. Ayuda al gerente a enfocarse en los aspectos críticos del proceso que impactan directamente en la meta común. Una vez que estos aspectos y preguntas críticas han sido identificadas, la filosofía de MS, sus principios y técnicas, puede ser aplicadas por el grupo funcional apropiado en la organización.

Como se describió anteriormente, estas técnicas están enfocadas principalmente en:

- Satisfacción del cliente
- Satisfacción del proveedor
- Trabajo en equipo
- Solución de problemas
- Mejora económica (personal-empresarial)
- Incremento de productividad
- Aumento de rentabilidad
- Crecimiento de rotación de inversión y de inventarios

#### **BENEFICIOS EN MANUFACTURA**

- ✓ Eliminación del desperdicio por medio de un mejor diseño y entendimiento del comportamiento del proceso
- ✓ Eliminación de retrabajos y procesos por medio de la transformación de procesos
- ✓ Eliminación de ineficiencias y aumento de productividad por medio de una mejor planeación de recursos y análisis de necesidades, de acuerdo a las características del proceso y las condiciones en las cuales se lleva a cabo
- ✓ Surgimiento de una atmósfera de Servicio, Calidad, y Productividad, la cual va a incrementar las potencialidades de creatividad, iniciativa, inventiva, participación y compromiso de todos y cada una de las personas que laboran en la empresa

#### **BENEFICIOS EN VENTAS**

- ✓ Entregar la cantidad prometida a los clientes en el tiempo prometido
- ✓ Incremento del convencimiento y apreciación de las necesidades del cliente, a través de la metodología de detección y aseguramiento de requerimientos
- ✓ Incremento del desarrollo de las expectativas del Mercado/Producto, a través de la innovación en el diseño y en las características del producto
- ✓ Reducción de costos y, por lo tanto, la posibilidad de disminuir los precios; aumento en los márgenes de utilidad
- ✓ Eliminación de rechazos e insatisfacciones. Se disminuyen notablemente los rechazos por parte del cliente, las devoluciones sobre ventas por falta de calidad, y las cancelaciones de pedidos por no cumplir con las fechas de entrega



## **BENEFICIOS EN FINANZAS**

- ✓ Reducción de costos
- ✓ Incremento en ventas ("throughput")
- ✓ Disminución de activos (inventarios)
- ✓ Incremento en la utilización de mano de obra: al reducir los tiempos ociosos, la mano de obra se utiliza en una mayor proporción
- ✓ Disminución de gastos de fabricación
- ✓ Incremento de la posición competitiva en el mercado
- ✓ Mejoramiento en el proceso de información

## **BENEFICIOS EN RECURSOS HUMANOS**

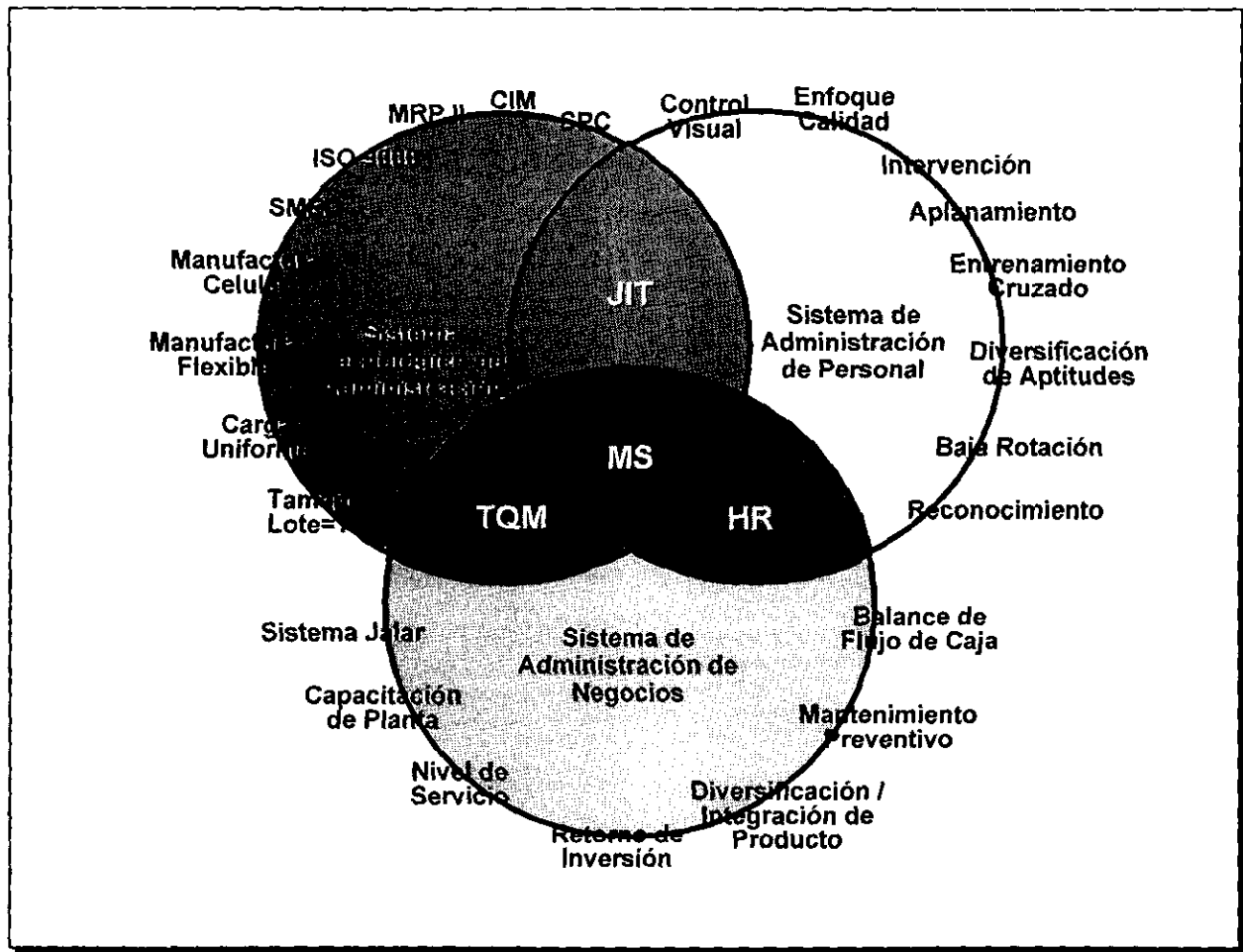
- ✓ Cultura de trabajo en equipo
- ✓ Desarrollo continuo del personal
- ✓ Baja rotación del personal
- ✓ Generación de un medio ambiente propicio para la excelencia
- ✓ Mejoramiento de las relaciones interpersonales
- ✓ Implantación de un sistema moderno de evaluación y reconocimiento
- ✓ Implantación de un programa integral de capacitación y adiestramiento directo

### **1.2. PRINCIPIOS DE MS**

Manufactura Sincronizada tiene siete principios básicos.

1. Enfoque: Sincronización del flujo, no en el balanceo de capacidades.
2. Valor marginal del tiempo en un cuello de botella es igual al promedio del ingreso por ventas ("throughput") de los productos procesados en el cuello de botella.
3. Valor marginal del tiempo de un no cuello de botella es despreciable.
4. Nivel de utilización de un recurso que no es cuello de botella está controlado por otras restricciones dentro del sistema.
5. Los recursos no sólo se deben activar, sino utilizar (de nada sirve tener un recurso disponible si no va a ser utilizado).
6. Un lote de transferencia puede no ser, y la mayoría de las veces no debe ser, igual al lote de proceso.
7. Un lote de proceso debe ser variable tanto a lo largo de su ruta como en el tiempo de proceso.

### 1.3. CICLO DE MS



**“Hay una manera de hacerlo mejor:  
encuéntrala”**

**Thomas Edison**

## 2. EVOLUCIÓN DE MS

### 2.1. LECCIONES DE LA HISTORIA

#### 2.1.1. El sistema Ford

Henry Ford reconoció la importancia de eliminar el desperdicio en un ambiente de manufactura y diseñó su estructura en función de lo anterior. Cada uno de los siguientes puntos es tomado directamente del libro de Ford *Hoy y Mañana*.

- > Ventaja de una manufactura completamente integrada:
- > La importancia de mantener un flujo continuo
- > La necesidad de un buen control de materiales
- > El papel de la calidad y la inspección
- > Actitud en el trabajo

En resumen, Ford concentró sus esfuerzos en eliminar el desperdicio en todos los aspectos de su operación. El flujo de materiales primas hasta producto terminado fue delineado. Se implantó una estricta planeación de materiales y procedimientos de control. Los procesos se desarrollaron para tratar de minimizar los tiempos de movimiento y de espera en la línea de producción. Se desempeñaron funciones de mantenimiento preventivo continuamente.

Las inspecciones de calidad se hicieron continuamente en cada paso de la operación en un esfuerzo para fabricar productos de alta calidad. De los trabajadores sólo se requería el trabajo que tenían frente a ellos. Por lo tanto, las medidas locales de eficiencia no se usaron para evaluar el desempeño del trabajador. El objetivo era medir el desempeño de todo el sistema.

Ford era el más grande productor en JIT del mundo. En todas partes del complejo industrial de Ford, los materiales llegaban *justo a tiempo* para ser procesados; las partes semi-terminadas llegaban *justo a tiempo* para su fabricación; y las partes terminadas y los subensambles llegaban *justo a tiempo* para el ensamble final.

#### 2.1.2. El JIT Japonés

Las empresas de manufactura más exitosas en JIT han seguido los principios de Henry Ford. Aunque también han modificado y mejorado muchos de estos principios al tiempo en que desarrollaban su sistema JIT.

Un punto fundamental en la filosofía JIT es la eliminación de desperdicio; por lo tanto, han desarrollado muchas técnicas para identificar las ineficiencias en todas las fases de su operación; por ejemplo, desarrollo de sistemas diseñados tanto para reducir inventarios, desperdicio, retrabajo y el espacio y equipo requerido para manejo de inventarios, así como para mejorar la calidad del producto y elevar las expectativas del mercado.

Una de las características principales en el sistema JIT es la gran responsabilidad que se le da al trabajador. Los trabajadores no son tratados como extensiones de una máquina. Los operadores japoneses tienen buen nivel de educación y de entrenamiento, por lo que se les da la responsabilidad de mantener su equipo, supervisar los problemas de calidad, desarrollar nuevos métodos para mejorar el procesos y actuar como *solucionadores de problemas*.

### **2.1.3. ¿Cuál fue el error?**

Hace 70 años, Ford demostró cómo trabajar con un flujo de producción sincronizado. Los japoneses aprendieron de Ford y aplicaron estos principios a sus organizaciones. Entonces la pregunta es, ¿cuál fue el error?

Después de la segunda guerra mundial, la capacidad de las compañías americanas dominaron el mercado. Lo importante para las organizaciones era satisfacer la demanda del mercado a cualquier costo. Los costos de producción no era significativos debido a que no había mucha competencia y los precios se podían incrementar conforme subían los costos.

Eventualmente, la capacidad productiva a nivel mundial creció hasta el punto en que una posición competitiva se volvió un factor crítico. Como consecuencia, la dirección volvió su atención hacia los sistemas de costos con el fin de obtener información crítica para la toma de decisiones. En el análisis final, lo que pasó es que los directores de estas empresas estadounidenses olvidaron las enseñanzas de Ford, e inconscientemente, la filosofía de flujos de producción sincronizados.

## **2.2. LA IMPORTANCIA DEL FLUJO DE PRODUCCIÓN**

### **2.2.1. El valor del producto y del tiempo**

En manufactura, el elemento tiempo se cuenta desde el momento en que la materia prima es separada de la tierra hasta el momento en que el producto terminado es entregado al consumidor final.

Henry Ford decía que "nunca se debe llegar al punto en el que se crea que ya no se puede mejorar". La dirección se debe dar cuenta que ese tiempo reduce el valor del producto. En otras palabras, entre más tiempo sea el ciclo de producción y el tiempo invertido en la venta del producto, menor es el valor de aquéllo que se ha producido.

### **2.2.2. El papel de la mezcla de producto**

La forma más eficiente de producción es un flujo continuo como aquéllos que se encuentran en la industria embotelladora, o procesos de extrusión. Los productos fabricados dentro de cada lote o corrida en estos tipos de procesos son idénticos en naturaleza.

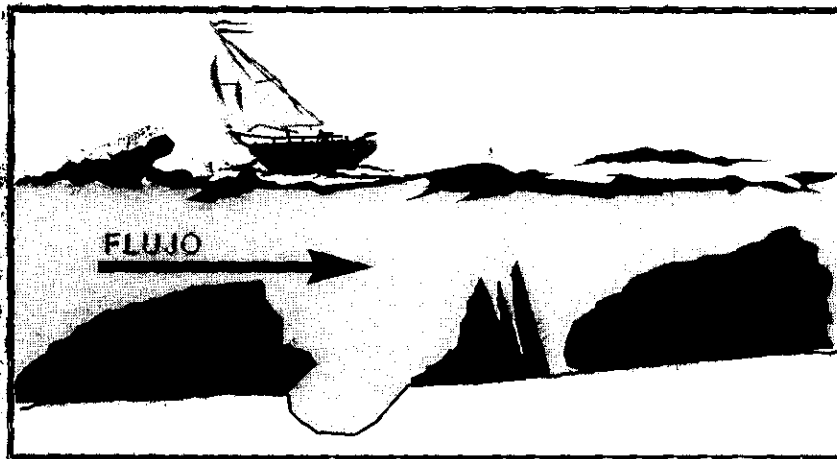
Las plantas de Ford estaban dedicadas a fabricar tipos determinados de productos o líneas de producción para productos específicos. Estas plantas fabricaban todo tipo de componentes y subensambles intercambiables necesarios para construir el producto final. Las economías de escala obtenidas por la producción de unidades idénticas fueron muy grandes.

Comparado con Ford en 1921, actualmente los japoneses tienen un universo de productos. El enfoque más común de las plantas japonesas es en líneas de producto especializadas, lo cual contrasta con la visión utilizada en las plantas estadounidenses. Los japoneses estandarizan sus productos y limitan el número de variaciones en la línea de productos base que producen. Sin embargo, este enfoque de manufactura es sólo parcialmente responsable del gran éxito de los japoneses en el mercado actual. La clave de su éxito es la forma que tienen de ver a la empresa como un todo, integrando los procesos de manufactura, comercialización y compras.

### **2.2.3. Analogía con un Río**

Uno de los conceptos básicos en MS es el flujo continuo y uniforme de materiales dentro, a través y fuera de la planta. El objetivo es que tanto las materias primas como componentes, trabajo en proceso o productos terminados no estén estancados en ningún punto del proceso.

Hagamos la comparación del flujo de materiales con un río. El río tiene una variedad de profundidades. La velocidad del flujo en el río también cambia, dependiendo del ancho y profundidad del río. Dentro del río hay numerosos obstáculos como piedras, fosas, etc. que dificultan y desvían la dirección del agua. Ahora, relacionemos el flujo de un río con el flujo típico en una línea de producción. El flujo del agua representa el flujo de materiales a través de la planta. La profundidad del agua representa el inventario estancado, así cuando existen cavidades más profundas quiere decir que en esa parte del proceso existen grandes cantidades de inventario paralizado. Las piedras y demás obstáculos representan la interrupción del proceso de producción que impide el flujo uniforme de materiales a través del sistema.



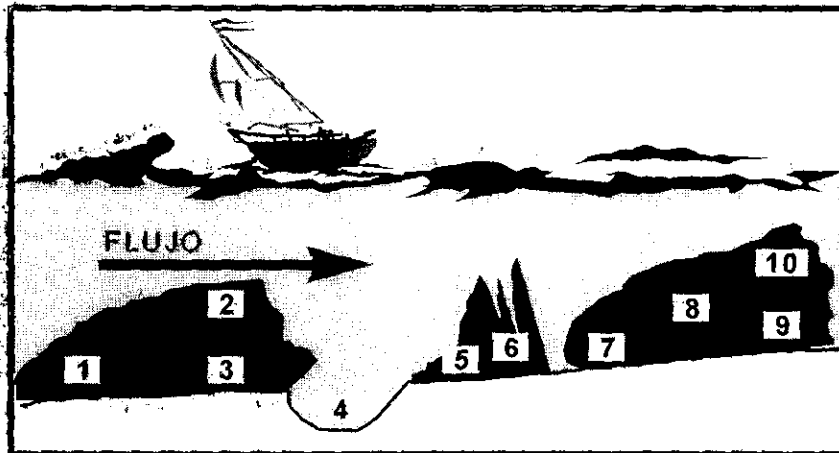
Los procesos de producción ideales tienen varias características que se pueden representar en esta analogía. Primero, el flujo de materiales a través del sistema de manufactura debe de ser constante y en sincronización con la demanda del mercado. Segundo, el nivel de inventario en la planta debe ser disminuido y el inventario estancado debe ser eliminado. Esto equivale a disminuir el nivel de agua del río (mientras se mantenga el flujo constante) y eliminando las profundidades exageradas en el mismo. Tercero, las interrupciones dentro del sistema deben ser eliminadas con el fin de lograr un flujo uniforme de producción. En el río, las piedras y demás obstáculos deben quitarse.

Continuando con la analogía, supongamos que existe un bote navegando en este río. Tratar de dirigir este bote en un río lleno de obstáculos es difícil; tratar de llevar a cabo la producción en una planta cuyos procesos se detienen de manera constante es igualmente difícil. Si se quiere tener éxito y navegar con seguridad, entonces se deben quitar todos los obstáculos y riesgos, pero, obviamente, primero se debe identificar estos obstáculos y riesgos.

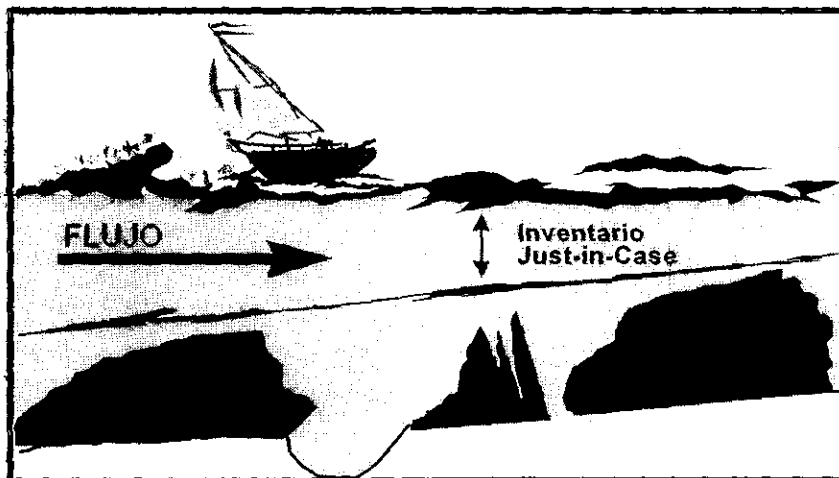
En la planta, esto equivale a corregir aquellos problemas que provocan las interrupciones en los procesos. En el río, si existe un obstáculo visible, se puede tomar otro curso que permita seguir navegando; sin embargo, los peligros reales son aquéllos que no se pueden ver. Similarmente, en una planta de manufactura, las verdaderas amenazas del proceso de producción son los problemas que no se reconocen como tales y que continuamente se presentan en la línea. A continuación se muestran algunos de estos problemas:

1. Falta de entrenamiento
2. Programas de producción no realistas
3. Paro de maquinaria
4. Inventario estancado

5. Tiempo de proceso variable
6. Cuellos de botella
7. Información inadecuada
8. Materiales defectuosos
9. Mala calidad
10. Resistencia al cambio, logística inadecuada

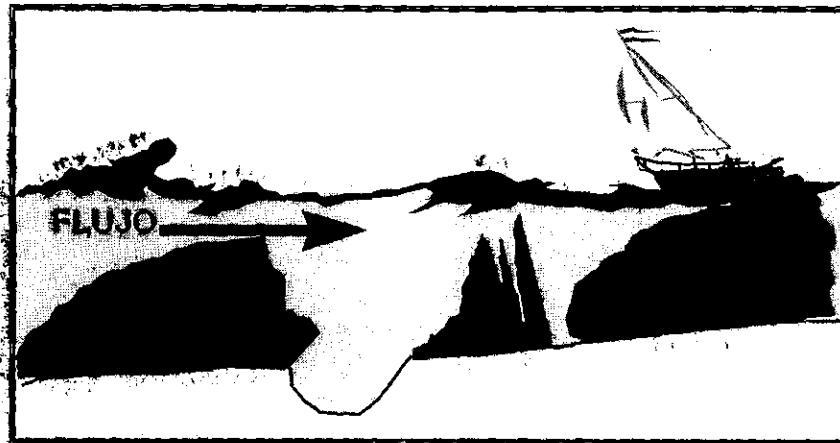


En el enfoque tradicional, la solución para contrarrestar los efectos de las interrupciones en los procesos ha sido mantener un inventario extra "just-in-case" (en caso de). Como se ha dicho anteriormente, grandes cantidades de inventario, especialmente de producción en proceso, no son congruentes con la filosofía de MS y coloca en desventaja a cualquier empresa de manufactura. El inventario "just-in-case" se utiliza para resolver problemas y hace el proceso más productivo, pero lo único que hace es cubrir los problemas, y por lo tanto, no se sienten los efectos de éstos. La siguiente figura ilustra este inventario "just-in-case" con un nivel mayor de agua; esto evita que el bote choque en las piedras que están sumergidas. Este enfoque provoca en los gerentes cierta seguridad ante posibles imprevistos. Mientras tanto, el material no sincronizado junto con los problemas no visibles y las interrupciones disminuyen la productividad de la planta y su habilidad para competir.



El enfoque JIT (justo a tiempo) es muy diferente. En vez de incrementar el nivel de inventario para cubrir los problemas, el inventario se reduce para identificarlos más fácilmente y así

encontrar las soluciones adecuadas. El siguiente esquema muestra la desventaja de este enfoque. En la figura, al reducir el nivel del agua (inventario), el bote ha chocado contra una piedra enorme (problema), lo que ha provocado que se detenga la producción temporalmente mientras se resuelve el problema.

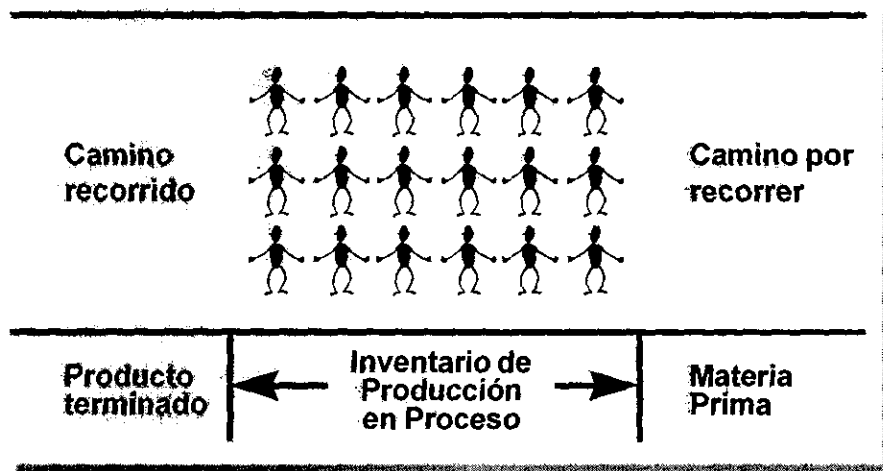


## 2.3. EVALUANDO LAS LÍNEAS DE ENSAMBLE Y LOS SISTEMAS JUST-IN-TIME

El objetivo de esta sección es triple. Primero, entender cómo trabajan las líneas de ensamble y los sistemas JIT. Segundo, determinar el grado en el cual estos dos sistemas aplican los principios de MS. Tercero, analizar las limitaciones de estos dos sistemas, especialmente desde el punto de vista de los principios de MS.

### 2.3.1. Líneas de ensamble

Para entender mejor el funcionamiento de una línea de ensamble utilizaremos la siguiente analogía: comparar la línea de ensamble con la marcha de una tropa que cuenta con varias filas, las cuales avanzan a un ritmo determinado y de manera uniforme.

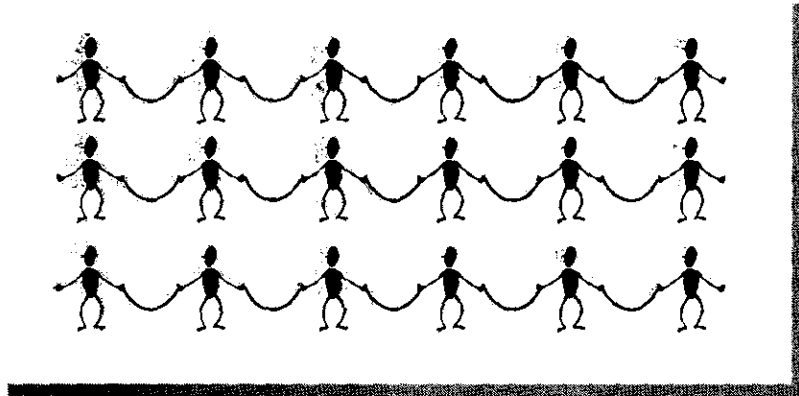


- > Objetivo de una marcha forzada: cubrir cierta área de tierra en un tiempo limitado
- > Material en proceso: la tierra sobre la cual los soldados marchan
- > Recursos: los soldados que deben cubrir ese pedazo de tierra



- > Ruta de materiales: una operación para cada fila de soldados y requiere que la tierra sea cubierta por una fila de soldados a un determinado tiempo. Cada fila de soldados debe cubrir la tierra en forma secuencial. La primera fila debe cubrir una parte de tierra antes que la segunda fila, y la segunda fila antes que la tercera y así sucesivamente.
- > Producto terminado: la tierra que ha sido cubierta por la tropa entera. La marcha está completa sólo cuando cada soldado en la tropa ha cubierto toda la tierra asignada.

Una manera de prevenir que la tropa se disperse es atando a los soldados de cada fila con cuerdas, tal y como lo hacen los alpinistas. Esto se muestra en la siguiente figura:



Las cuerdas garantizan que el movimiento de la línea es relativamente sincronizado. La velocidad de la tropa está en función del soldado más lento. Por otro lado, las cuerdas limitan la posible dispersión de la tropa, entre más cortas sean las cuerdas, habrá menos posibilidades de dispersión.

Para aplicar este concepto al ambiente de manufactura donde los recursos están físicamente conectados, se necesitan tres requerimientos. Primero, los procesos de los productos terminados deben estar estandarizados. En segundo lugar, las operaciones requeridas para producir los artículos terminados deben ser tales que exista una sola dirección del flujo de materiales entre una estación de trabajo y otra. Y, por último, debe de existir un nivel alto de demanda con la finalidad de garantizar el uso de líneas especializadas para un alto volumen de producción.

La longitud de la banda transportadora en una línea de producción limita la dispersión del inventario de producto en proceso. En el ejemplo de la tropa esto se ve en la distancia que existe entre un soldado y otro, es decir entre una estación de trabajo y otra. Además, la capacidad de una estación de trabajo determina el tiempo total disponible que tiene para procesar una unidad. Por lo tanto, al variar la capacidad y el espacio que existe entre una estación y otra, el inventario de producción en proceso y el flujo de materiales puede ser controlado de manera eficiente.

Este tipo de sistemas de transporte determina a los operadores de la línea cuándo producir y cuándo *no* producir. Por lo tanto, ninguna persona, incluyendo gerentes, supervisores y operadores, pueden manejar exceso de materiales o de inventario de producción en proceso. Como resultado, el flujo de materiales a lo largo de la línea se vuelve sincronizado, ya que cada estación de trabajo procesa materiales al mismo ritmo.

### 2.3.1.1. Porqué funcionan las líneas de ensamble (incorporando los principios de MS)

Las líneas de ensamble se han implantado con éxito en un número limitado de fábricas manufactureras, esto se debe a que dichos sistemas permiten el desarrollo de flujos de materiales altamente sincronizados. Ahora examinemos la manera en que las líneas de ensamble cumplen los principios de Manufactura Sincronizada.

*Principio 4. El nivel de utilización de un no cuello de botella está controlado por las demás restricciones dentro del sistema*

*Principio 5. Los recursos deben ser utilizados, no sólo activados.*

Los principios 4 y 5 de MS se refieren estrictamente a líneas de ensamble. Cuando el flujo de material lleva un paso automático y más allá del control de los operadores, el flujo tiene gran oportunidad de sincronización. En esta atmósfera de manufactura, lo único que se les pide a los trabajadores es que realicen únicamente el trabajo que tienen frente a ellos. Así, es imposible que los operadores trabajen si no tienen ningún artículo frente a ellos. Además la utilización de cada recurso se determina por la velocidad de la línea.

*Principio 6. Un lote de transferencia puede no ser, y la mayoría de las veces no debe ser, igual al lote de proceso.*

La gran mayoría de las líneas de ensamble incorporan los principios 4, 5 y 6 de MS. Así, es fácil entender el éxito de estos sistemas al desarrollar procesos con flujo sincronizado.

### 2.3.1.2. Limitaciones de las líneas de ensamble vs MS

Desafortunadamente no es factible confiar en los sistemas logísticos de las líneas de ensamble para mantener la competitividad. Existen tres desventajas importantes en el uso de líneas de ensamble en las compañías de manufactura. Primero, las líneas de ensamble son de aplicación limitada. Segundo, requieren inversiones grandes, tanto de capital como de labor de diseño, desarrollo, preparación y balance. Tercero, el "throughput"<sup>1</sup> de las líneas de ensamble es demasiado vulnerable a las interrupciones típicas en este tipo de manufactura. Mientras las estaciones de trabajo se vuelven más balanceadas, la vulnerabilidad de las líneas de ensamble se incrementa.

- 1. Aplicación limitada:** Una línea de ensamble es un proceso de manufactura muy eficiente utilizado sólo para productos estandarizados para los cuales existe una gran demanda. Este sistema sólo puede ser aplicado a aquellos procesos donde cada estación de trabajo provee producto en proceso a una única, estación de trabajo. Claramente se ve que este tipo de sistemas no puede ser aplicado a aquellas plantas en las cuales los productos tienen distintas rutas de proceso. Por lo tanto, es fácil comprender que el uso de las líneas de ensamble se limita a un número determinado de industrias.
- 2. Requerimientos de Inversión:** Las líneas de ensamble requieren de maquinaria y de sistemas de manejo de materiales sumamente costosos. Se requieren mayores esfuerzos para rastrear el material y llevar a cabo la sincronización del material. Ligado a lo anterior, está el intento de la gestión para balancear la línea y equilibrar la capacidad de cada estación de trabajo a lo largo de toda la línea. Además, los tiempos de cambio de un producto a otro pueden ser largos y costosos.

---

<sup>3</sup> "throughput" : promedio del ingreso por ventas de los productos procesados en el cuello de botella.

**3. Interrupciones del flujo:** Con base en el ejemplo de los soldados (atados con cuerdas), supongamos que uno de ellos tropieza, cae y tira su carga, posteriormente, se incorpora y prosigue su marcha. Sin embargo, como este soldado se encuentra atado al resto de la tropa, la columna en la que se encuentra se verá retrasada al momento en que este soldado se detiene. De forma similar, el progreso de la tropa entera se verá afectada significativamente.

Esta situación se puede aplicar a la línea de ensamble. En caso de que una operación se interrumpa, toda la línea se verá afectada, ya que tendrá que parar el proceso hasta que la operación pueda continuar. Esta es una clara desventaja cuando ocurren cualquier tipo de interrupciones en el flujo.

### 2.3.2. Sistemas Justo a Tiempo (Just-In-Time)

Los sistemas que se caracterizan por un sistema de control logístico como el sistema Toyota, no se encuentran en todas las compañías de manufactura. Los sistemas Just-In-Time se encuentran de una manera predominante en empresas cuya manufactura es repetitiva.

La rotación de inventario es un buen indicador de medición del grado en el cual el flujo de material está sincronizado. De acuerdo a un estudio realizado por una firma consultora, el promedio de rotación de inventario de las empresas japonesas era de 5.7, en comparación con las firmas estadounidenses que era de 3.7 en los años 70's. La siguiente tabla muestra más información de un estudio para industrias tipo taller, manufactura repetitiva y procesos industriales. De acuerdo a esta información existe una pequeña diferencia en los promedios de rotación de inventario entre las compañías japonesas y norteamericanas en la manufactura tipo taller y en los procesos industriales. Sin embargo, las empresas japonesas cuyos procesos son repetitivos promedian 7.6 veces, mientras que en Estados Unidos promedian 3.8.

ROTACIÓN DE INVENTARIOS (PROMEDIO)		
TIPO DE INDUSTRIA	ESTADOS UNIDOS	JAPÓN
Organización tipo Taller	3.2	3.1
Manufactura Repetitiva	3.8	7.6
Manufactura por Procesos	5.1	5.5
Todas	3.7	5.7

Es interesante observar que dentro de las empresas japonesas la rotación de inventario de los procesos repetitivos es mucho mayor a aquéllas que utilizan manufactura por procesos. Estas últimas, a pesar de ser intensivas en capital, han sido consideradas la forma más eficiente de manufactura. Estos resultados ponen en duda esta afirmación. Pero la conclusión debe ser que la sociedad y cultura japonesa no son la razón principal de éxito, a menos que haya un tipo de persona diferente trabajando en manufactura repetitiva.

El gran éxito de las empresas japonesas en manufactura repetitiva se debe principalmente a la aplicación extensiva de los sistemas Just-In-Time. El concepto básico de JIT es bastante sencillo. Los productos finales deben estar listos justo a tiempo para venderse, los subensambles se deben terminar justo a tiempo para ensamblar productos finales, las partes fabricadas deben procesarse justo a tiempo para entrar en el proceso de subensamble, y los componentes y materiales comprados deben llegar justo a tiempo para transformarse en partes fabricadas.

La meta del JIT es que el flujo de material sea constante a través de los proceso de transformación, y que este flujo transporte un tamaño de lote que tienda a una unidad.

### **2.3.2.1. Por qué funciona el sistema KANBAN - ejecutando los principios**

El concepto de Kanban funciona debido a que reconoce y aplica de manera parcial los principios básicos de Manufactura Sincronizada.

A continuación se analizarán algunos de estos principios:

***Principio 1. Enfoque: Sincronización del flujo, no en el balanceo de capacidades.***

Este principio es un aspecto importante en los sistemas kanban. La única programación del kanban es en el ensamble final y se basa en la demanda del mercado. El objetivo del sistema kanban es tratar de mantener el flujo de producto lo más uniforme posible con un mínimo de interrupciones. Bajo el concepto de mejora continua, los japoneses tratan de eliminar el inventario y el exceso de capacidad del proceso. Si esto trae como consecuencia una interrupción en el flujo, se trata de identificar la causa y solucionar el problema lo más pronto posible. Sin embargo, si no se encuentra una rápida solución al problema, se reinstala el inventario y los trabajadores eliminados.

***Principio 4. El nivel de utilización de un recurso que no es cuello de botella está controlado por otras restricciones dentro del sistema.***

***Principio 5. Los recursos no sólo se deben activar, sino utilizar (de nada sirve tener un recurso disponible si no va a ser utilizado).***

Los sistema JIT siguen muy de cerca los principios 4 y 5. Bajo los sistemas JIT, los operadores sólo deben trabajar cuando se les de una orden de trabajo, de otra manera permanecen inactivos. El principio 5 se refiere a esto. Los japoneses han descubierto que activar un recurso sin una finalidad, simplemente para mantener los operadores ocupados, sólo traerá como consecuencia un exceso de inventario, el cual interrumpe el flujo uniforme de producto. Los recursos que tienen exceso de capacidad no pueden utilizar todo el tiempo de holgura procesando material. El nivel de utilización para los no cuellos de botella se determina por la programación del ensamble final, por la ruta en la que llegan las tarjetas kanban a la estación de trabajo y, finalmente, por los cuellos de botella en el sistema.

***Principio 6. Un lote de transferencia puede no ser, y la mayoría de las veces no debe ser, igual al lote de proceso.***

***Principio 7. Un lote de proceso debe ser variable tanto a lo largo de su ruta como en el tiempo de proceso.***

El enfoque de JIT, tal y como lo lleva a cabo Toyota, reconoce totalmente la importancia de los principios 6 y 7 de MS. En el ambiente kanban, el lote de transferencia es un contenedor estándar de material, ya que los materiales se transportan en un contenedor a la vez. En cambio, el lote de proceso puede ser de cualquier tamaño, es decir, desde un contenedor hasta un gran número de contenedores. Si la estación de trabajo procesa sólo un tipo de material y siempre con las mismas especificaciones, entonces el lote de proceso es prácticamente infinito. En el otro extremo, ya que el orden en que llegan los kanban a la estación de trabajo determina el orden en el que se procesa el material de los contenedores, el lote de proceso puede ser un contenedor.

En general, el principio 6 es válido en los sistemas kanban. También es fácil ver el cambio del tamaño del lote de proceso en una estación de trabajo determinada, ya que las tarjetas kanban

llegan a ésta de una manera aleatoria. Además, el arribo de una tarjeta kanban a las otras estaciones de trabajo determina el tamaño del lote proceso para esas estaciones de trabajo. De esta forma, en un sistema kanban, el lote de proceso cambia continuamente.

### **2.3.2.2. Limitaciones del JIT vs MS**

Los japoneses han utilizado con gran éxito la filosofía JIT para procesos repetitivos de manufactura. Hay muchos elementos de JIT que son útiles al implantar MS, como lo pueden ser mantenimiento preventivo, controles estadísticos de proceso (CEP), operadores multihabilidades y reducción de los tiempos de preparación. Sin embargo, la filosofía JIT, así como el kanban, tienen algunas limitaciones.

Es de suma importancia que estas diferencias queden perfectamente claras para que se pueda desarrollar un mejor análisis de la filosofía de Manufactura Sincronizada.

JIT tiene, al menos, cuatro limitantes importantes:

#### **1. Aplicación Limitada.**

La implantación de sistemas JIT se limita sólo a operaciones repetitivas. No se debe implantar sistemas JIT en compañías que trabajan bajo manufactura por proceso o en plantas que no producen grandes volúmenes de productos estandarizados.

En el ambiente de manufactura por proceso, los productos finales no se producen en unidades discretas. Estas industrias son típicamente de capital intensivo y con sistemas específicamente diseñados para producir grandes lotes de un producto. Por razones de eficiencia, este tipo de operación no permite un cambio sencillo de un producto a otro. Además, la cantidad de inventario de producto en proceso en el sistema es generalmente determinado por las restricciones y capacidades del sistema.

#### **2. Efectos de las interrupciones en el flujo.**

En un sistema JIT las estaciones de trabajo no trabajan de manera independiente, todas forman parte de una cadena. Cuando se detiene una estación de trabajo, ya sea por falta de material, baja calidad, paro de una máquina, etc. el sistema entero está en peligro. Las estaciones de trabajo subsiguientes dejarán de recibir el material que necesitan y no procesarán nada. Las estaciones de trabajo anteriores no recibirán ninguna señal para suministrar materiales y, por lo tanto, también se detendrán. La línea entera se frena y el "throughput" disminuye hasta que se restablece el flujo de producción.

#### **3. Requerimientos de implantación.**

Para que la implantación de un sistema JIT sea exitoso se requieren demasiados cambios en el ambiente de manufactura y en la cultura gerencial. Esta implantación lleva varios años, requiere de una inversión significativa y de paciencia en el manejo.

JIT es una filosofía muy diferente de las que se encuentran los sistemas de manufactura tradicionales, requiere confianza y buen entrenamiento de la fuerza de trabajo, ya que depende de los operadores el funcionamiento de esta filosofía. Finalmente, para implantar un sistema JIT, los problemas de calidad se deben, prácticamente, eliminar, los tiempos de preparación se deben cortar a través de la operación, y otras causas de interrupción de la producción deben ser reducidos de manera significativa. Muchos de estos problemas son bastante difíciles de resolver.

#### **4. Enfoque incorrecto del proceso de Mejora Continua.**

El sistema JIT tiene dos grandes debilidades que no permiten enfocarse debidamente en las restricciones críticas del proceso que limitan la productividad.

Una debilidad es la incapacidad de identificar a tiempo las restricciones de los recursos críticos. Para mejorar un proceso esperan hasta que ocurre un problema y se interrumpe la producción. Los japoneses se sienten orgullosos de poder tomar acciones para reducir el inventario o la cantidad de trabajadores en el sistema, sin tomar en cuenta que esto puede provocar un paro en el sistema. Cuando se interrumpe el flujo, mejoran el sistema tomando una *acción correctiva* en el recurso que provocó la interrupción, ya que se desconoce si el problema puede ocurrir en un recurso que es cuello de botella o no, o si es sólo el resultado de una fluctuación estadística, o un problema temporal de programación de producción. De esta forma, no hay garantía que se estén utilizando los recursos de capital y trabajo de una manera eficiente para incrementar el "throughput" y reducir el inventario y los gastos operativos. Los gerentes en un sistema JIT no pueden aplicar los principios 2 y 3 de MS de manera efectiva.

Debido a la interrupción al proceso, la producción en proceso se ha perdido. Recordando la analogía del río, esta situación bajo un enfoque de JIT es similar a chocar contra las rocas, y una vez que se han descubierto estas rocas, tratar de apartarlas del camino. Un mejor enfoque es detectar anticipadamente las rocas existentes y tratar de rodearlas hasta que se puedan quitar del camino.

Un aspecto relacionado a lo anterior de la filosofía de JIT es la que se refiere a tratar de mejorar los procesos a lo largo de todo el sistema. De acuerdo a los principios 2 y 3 de MS, los beneficios que se obtienen al mejorar los cuellos de botella son enormes. Pero los beneficios sobre las mejoras hechas en un no cuello de botella son marginales, en el mejor de los casos. En otras palabras, las actividades de mejora deben de tener un impacto significativo en la meta organizacional de hacer dinero, y así poder percibir el beneficio obtenido.

Otra debilidad de los sistemas JIT es la incapacidad de planear la programación de la producción para ningún otro recurso que no sea el ensamble final, ya que esta programación no considera las corridas resultantes de las estaciones de trabajo que son cuello de botella. Además, los tiempos de ciclo se toman en cuenta sólo en el ensamble final. El sistema JIT tiene que recurrir al sistema de prueba y error para enfrentarse con los cambios del entorno y con las complejas interacciones del sistema. Como consecuencia, la programación de la producción puede no utilizar efectivamente los cuellos de botella ni capitalizar los principios 2, 3 y 6 de MS. Y como los cuellos de botella determinan el "throughput" para todo el sistema, los ingresos pueden estar por debajo de lo óptimo.

**Hago lo mejor que sé, de la mejor manera  
de que soy capaz y pretendo continuar  
haciéndolo así hasta el final.**

**Abraham Lincoln**

## 3. HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA SINCRONIZADA

### 3.1 RECURSOS HUMANOS

El objetivo de Manufactura Sincronizada (MS) es que todos los miembros sigan un enfoque organizacional que les permita identificar y eliminar cualquier actividad que no le agregue valor al producto, cuidando el mejoramiento continuo en las cantidades adecuadas y exactas; entendiendo por *cantidades* la disminución en los tiempos de fabricación, mantenimiento o aumento en la calidad del producto y reducción de los costos generados por su producción.

Para que una organización alcance este objetivo y logre trabajar bajo el enfoque MS es necesario que todos sus miembros participen y estén conscientes de que es un trabajo en equipo, y que cada uno de sus miembros aporte "algo" al producto final. Todos deben de participar de manera homogénea; sin embargo, una persona debe dirigir y asesorar a todos los trabajadores. A esta persona le llamaremos *facilitador*.

#### 3.1.1. Facilitadores

Actualmente, las empresas se organizan con base en unidades de negocios, por lo que se requiere que exista una comunicación directa y simplificada. De esta manera se pretende mejorar la velocidad de respuesta a las necesidades de los clientes, tanto internos como externos, y aumentar la productividad de la organización.

Por estas razones, se requiere que el desempeño del personal que labora en estas organizaciones sea cada vez mejor y lo más rápido posible. Los líderes de estas empresas deben de darle un cambio a la forma en que dirigen a sus subordinados. El nuevo líder ya no es autoritario, es negociador. Ya no es él quien toma las decisiones, sino más bien escucha lo que se debe hacer y autoriza las soluciones; comparte responsabilidad, delega autoridad y busca constantemente el cambio. El nuevo líder es un facilitador, el que involucra al equipo de trabajo en un proyecto o acción y enseña la forma más fácil de alcanzar el objetivo. Debe asistir y ayudar pero nunca es el responsable directo. El facilitador es promotor, entrenador, consultor y/o asesor. Las funciones principales del facilitador son las siguientes:

- Capacitar y entrenar al grupo de trabajo
- Dar soporte técnico al líder
- Proporcionar un enfoque o dirección determinada a la solución de problemas
- Mejoramiento / simplificación constante
- Tener una comunicación abierta
- Promover el trabajo en equipo
- Mantener la línea y objetivos sin distorsiones ni desviaciones de ninguna especie
- Establecer los diferentes enfoques a seguir
- Proporcionar diferentes metodologías que sean de utilidad para la resolución de problemas
- Proporcionar los sistemas y técnicas necesarias (recomendaciones)
- Proporcionar los manuales técnicos necesarios para los trabajadores
- Ideas ----> Alternativas ----> Soluciones
- Identificar áreas de oportunidad
- Monitoreo y evaluación de resultados y soluciones



El facilitador busca constantemente la integración, interdependencia e interrelación de los miembros a fin de constituir un grupo sólido de trabajo que mantenga una actitud proactiva y se desarrolle en una atmósfera innovadora.

### **3.1.2. Proceso de Grupos**

Un grupo de trabajo es aquel en el que sus elementos desarrollan sus aptitudes y tareas en forma sincronizada, aportando cada uno "algo" al proceso y/o producto final. Siendo ese "algo" un valor agregado que realmente mejore, simplifique y economice energía.

El trabajo en equipo siempre tiene como resultado un incremento en la productividad de la organización.

Las ventajas más importantes son:

- > Limar asperezas en lugar de ignorarlas
- > Crear el sentido de producto final en lugar de aportaciones individuales, es decir, conscientizar al personal que su aportación es muy importante para la realización satisfactoria del producto
- > Hacer énfasis en la capacitación y la comunicación del personal en lugar de la disciplina y el aislamiento
- > Enfocarse en el auxilio del personal en lugar de reemplazarlo
- > Sustituir a los policías en calidad por entrenadores de calidad
- > Enfatizar la difusión de datos en lugar de restringirlos
- > La posibilidad de preparar y definir nuevos estándares en lugar de aplicar impositivamente los actuales
- > Cambio radical en busca de optimizar las salidas en lugar de maximizarlas
- > Involucrar a todo el personal en lugar de controlarlos todo el tiempo
- > Enfatizar la importancia de optimizar los costos totales en lugar de costos de mano de obra
- > Dos cerebros piensan mejor que uno
- > Alguien siempre tendrá una solución o alternativa a seguir
- > Todos conocerán, se comprometerán y estarán enterados de qué hacer, por qué y cómo hacerlo
- > Conocerán los impactos y resultados de su trabajo en conjunto
- > Sabrán identificar el grado de interdependencia entre unos y otros

### **FORMACIÓN DE GRUPOS:**

Para formar los grupos de trabajo se debe tomar en cuenta los siguientes puntos de manera que éstos realicen sus actividades de manera óptima:

- > Por cada grupo de trabajo debe haber de 3 a 9 empleados-operarios
- > Se deben utilizar las herramientas de solución a problemas
- > Deben de estar formados por participantes naturales de acuerdo al trabajo que realicen
- > Los participantes deben pertenecer a distintas categorías de puestos y/o niveles de responsabilidad
- > Programar reuniones periódicamente con los integrantes
- > Enfatizar la exploración de problemas
- > Los grupos de trabajo deben ser participativos (recomendación de acciones) e interventivos (ejecución de acciones).

## HERRAMIENTAS INDIVIDUALES vs. TRABAJO EN EQUIPO

Las diferencias del trabajo individual y el trabajo en equipo son significativas, ya que los equipos de trabajo representan grupos especializados hacia la solución de problemas específicos y son auxiliares en la generación de respuestas de la Dirección General a acciones planteadas.

A continuación se muestra un cuadro comparativo del trabajo individual y trabajo en equipo:

Trabajo Individual	Trabajo en Equipo
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Conocimiento exclusivo</li><li>➤ Lluvia de ideas personales (análisis particular)</li><li>➤ No hay discusión/opiniones</li><li>➤ Soporte ocasional del "jefe"</li><li>➤ Respuesta incierta de superiores</li><li>➤ Políticas de calidad</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Conocimiento de varias perspectivas</li><li>➤ Lluvia de ideas colectivas (análisis de grupo)</li><li>➤ Demostración a otros de ideas (con discusión)</li><li>➤ Soporte permanente del líder y del facilitador</li><li>➤ Respuesta obligada a superiores</li><li>➤ Entrenadores de calidad</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Dedicados al llamado directo de grupos de trabajo</li><li>✓ Creadores de calidad y mejoramiento rápido</li></ul>	

### 3.2. CUELLOS DE BOTELLA, NO CUELLOS DE BOTELLA Y RESTRICCIONES EN LA CAPACIDAD

Un *cuello de botella* se define como aquel recurso cuya capacidad es menor que la demanda asignada a ese proceso. En otras palabras, un cuello de botella es un proceso que limita el margen de utilidad que proviene de las ventas, es el punto en el proceso de manufactura en el que el flujo disminuye su velocidad de proceso. El cuello de botella puede ser una máquina, labores manuales elaboradas o simples, o una herramienta especializada. Las observaciones realizadas en la industria muestran que la mayoría de las plantas tienen muy pocas operaciones que sean cuellos de botella, generalmente sólo son unas cuantas.

*Capacidad* se define como el tiempo disponible de producción. Esta definición excluye los tiempos de mantenimiento, tiempos preparación, etc. Un *no cuello de botella* es el recurso cuya capacidad es mayor que la demanda asignada a la operación. Por lo tanto, un recurso que no es cuello de botella no debe de trabajar de manera permanente, ya que produce más de lo que se necesita; de lo contrario el inventario de producto en proceso va a ser cada vez más grande. Un proceso que no es cuello de botella debe contemplar tiempos ociosos en su programa de producción.

Un *recurso con restricciones de capacidad* (CCR, por sus siglas en inglés) es aquél cuyo uso está regido por su propia capacidad y se puede convertir en un cuello de botella si no se utiliza con cuidado. Por ejemplo, un CCR puede recibir trabajo de distintos recursos y si su plan de producción está elaborado de tal forma que genera tiempos ociosos adicionales a la capacidad del CCR, el recurso será un cuello de botella. Esto puede suceder si se modifican los inventarios de seguridad o si alguno de los procesos no está trabajando por alguna razón y no se alimenta lo suficiente a este recurso.

### 3.2.1. Localización del cuello de botella

Existen dos formas de encontrar el(los) cuello(s) de botella en un sistema. El primero es realizar observaciones en el perfil de capacidad de los recursos, y la segunda es utilizar el conocimiento que se tenga de una planta en particular, analizar el sistema en operación y discutirlo con supervisores y operadores.

El perfil de capacidad de los recursos se obtiene observando las cargas de artículos programadas a cada recurso. Cuando se corre un perfil de capacidad, se asume que la información obtenida es razonablemente confiable, aunque no necesariamente perfecta.

Como un ejemplo, consideremos por un momento que los productos han sido direccionados a través de los recursos M1 al M5. Supongamos también que nuestro primer registro computacional de recursos muestra lo siguiente:

RECURSO	CAPACIDAD TRABAJADA
M1	130 % de su capacidad
M2	120 % de su capacidad
M3	105 % de su capacidad
M4	95 % de su capacidad
M5	85 % de su capacidad

Para este primer análisis, podemos no hacer caso de cualquier recurso que tenga un porcentaje menor tomando en cuenta que no son cuellos de botella y que no representan ningún problema. Con esta lista podríamos visitar las instalaciones y verificar las cinco operaciones. Observe que M1, M2 y M3 están sobrecargadas, es decir, están fabricando por arriba de su capacidad teórica. Es lógico pensar que nos encontraremos con grandes cantidades de inventario en la máquina M1. Si esto no sucede, significa que existen errores en alguna parte - tal vez en la lista de materiales o en las rutas de proceso. Digamos que nuestras observaciones y discusiones con el personal de piso muestran que hay errores en M1, M2, M3 y M4. Hay que averiguar el origen de estos problemas, hacer las correcciones apropiadas y correr el perfil de capacidad nuevamente. Los nuevos resultados son los siguientes:

RECURSO	CAPACIDAD TRABAJADA
M1	110 % de su capacidad
M2	115 % de su capacidad
M3	105 % de su capacidad
M4	90 % de su capacidad
M5	85 % de su capacidad

M1, M2 y M3 todavía muestran una sobrecarga, donde M2 es el recurso más preocupante. Si ahora nuestras mediciones son confiables, podremos definir M2 como el cuello de botella.

Si la información contiene demasiados errores para realizar un análisis confiable, es mejor no desperdiciar tiempo realizando todas las correcciones. Sería mucho más rápido utilizar la clasificación VAT (ver 3.6 "Clasificación VAT") como guía para dirigirnos a los lugares más probables en los que se encuentre el cuello de botella. Para encontrar un cuello de botella podemos utilizar el esquema VAT y entonces realizar las observaciones necesarias.

Por otro lado, de los comentarios de los trabajadores y supervisores de la planta, se puede obtener información que sea útil para poder encontrar el cuello de botella. Frases como: "Nosotros siempre estamos esperando piezas de la máquina MX" o "Me están dando más

trabajo del que puedo hacer y no puedo terminarlo a tiempo", pueden ser indicios que nos lleven a localizar un cuello de botella.

### **3.2.2. Ahorro de tiempo en los cuellos de botella y en los no cuello de botella**

Recordemos que el cuello de botella es un recurso cuya capacidad es menor a la cantidad demanda por el cliente (interno o externo). Existen diferentes formas en las que se puede ahorrar tiempo en un cuello de botella: mejor maquinado, mayor trabajo de calidad, mayor tamaño de inventarios de seguridad, reduciendo los tiempos de preparación, etc., la cuestión es encontrar la manera de reducir los tiempos de proceso.

**UNA HORA AHORRADA EN EL CUELLO DE BOTELLA AGREGA UNA HORA EXTRA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN.**

Sin embargo,

**UNA HORA AHORRADA EN UN NO CUELLO DE BOTELLA ES UNA ILUSIÓN, YA QUE SOLO AGREGA UNA HORA AL TIEMPO DE ESPERA (OCIOSO).**

Debido a que un no cuello de botella tiene más capacidad del que el sistema necesita para ese producto, el tiempo de proceso ya incluye el tiempo ocioso en esa operación. Por lo tanto, si se implanta cualquier medida para ahorrar tiempo en un no cuello de botella lo único que ocurre es que hay un incremento en el tiempo de ocio, sin aumentar el ingreso por ventas, además de que se pudieron haber incurrido en costos innecesarios.

### **3.3. CONTROL DE CALIDAD (CC)**

Para hablar de Control de Calidad debemos considerar las diferencias que existen con algunos otros sistemas de manufactura como MRP y JIT. En el caso de un sistema MRP, éste permite rechazos por lo que el tamaño del lote que se necesita en ese momento aumenta. Un sistema JIT no puede tolerar baja calidad porque su éxito está fundado, precisamente, en un sistema balanceado que produce artículos de primera calidad. Una parte o componente defectuosa en un sistema JIT puede provocar que el sistema se venga abajo, causando una pérdida en las utilidades del mismo.

Sin embargo, MS cuenta con exceso de capacidad a lo largo de todo el sistema, excepto en el cuello de botella. Si se produce una pieza con mala calidad después del cuello de botella, sólo representa una pérdida de material. Debido al exceso de capacidad, hay todavía tiempo de hacer otra operación para reemplazar la pieza. En el caso del cuello de botella, el tiempo extra no existe, por lo tanto se debe realizar una inspección justo antes de que los materiales pasen por este proceso y que asegure que sólo están entrando productos cuya calidad se encuentra dentro de las especificaciones. También debe de existir un control de calidad estricto en los procesos anteriores al cuello de botella para que la calidad del producto durante todo el proceso sea confiable.

#### **3.3.1. Objetivos de CC en Manufactura Sincronizada**

Un sistema de Control de Calidad se define como la combinación de elementos organizados para cumplir con los requisitos que el cliente demanda de los bienes y servicios producidos por la empresa a un costo competitivo, de tal forma que cuando se presentan desviaciones, se

puedan corregir o prevenir a tiempo sin alejar al comprador, dañar la imagen de la empresa o perder competitividad.

En los estándares industriales japoneses el Control de Calidad (CC) se define como:

**"El sistema económico de producción y venta de bienes y servicios que cumple los requerimientos del consumidor"**

### **PRINCIPIOS:**

A continuación se listan los principios básicos del control de calidad en MS. Estos principios permiten que la empresa que trabaja bajo esta filosofía cuente con un sistema de control de calidad confiable y que, al mismo tiempo, cumpla con los objetivos establecidos:

- El Control de Calidad inicia con capacitación y termina con capacitación
- El primer paso en CC es conocer los requisitos de los clientes
- El segundo paso es saber qué comprarán los clientes
- No se puede definir la calidad sin conocer el costo
- Control de Calidad es prever posibles defectos y reclamos
- CC alcanza su máximo cuando ya no requiere vigilancia (inspección)
- La Calidad no se crea con inspección, sino por incorporación dentro de cada diseño, proceso y función
- Control de Calidad es prevenir, no detectar
- La función de la gerencia es descubrir las razones de las irregularidades y excepciones, sus causas y efectos (puntos de verificación y puntos de control), por lo que cuando un empleado falla no es su culpa, sino de la gerencia
- La Garantía de Calidad es:
  - ✓ El producto no ha de tener fallas ni defectos, pero esto no basta, es necesario asegurar la calidad de diseño, viendo que el producto sea realmente funcional, tal y como el cliente espera
- La evolución de la Garantía de Calidad se orienta:
  - ✓ Hacia la inspección
  - ✓ Hacia el progreso
  - ✓ Hacia nuevos productos
  - ✓ Por el cliente
- Cuando los clientes afirmen que "Podemos comprar sus productos con gusto y confianza", entonces la empresa podrá decir que el Control de Calidad ha alcanzado su madurez
- CC es responsabilidad de todos los empleados y de todas las áreas
- CC exige trabajo en equipo y no lo pueden realizar los individuos por sí solos
- Al aplicar el CC no se deben confundir los objetivos con los medios empleados para alcanzarlos
- El CC no es un objetivo principal de la empresa; es su nueva filosofía administrativa
- Si no existe liderazgo desde arriba, no se insista en CC
- En CC la autoridad se puede delegar, pero no así la responsabilidad
- En CC quien sea capaz de manejar subalternos es bueno, pero quien sea capaz de manejar superiores es magnífico
- En el CC los trabajadores que están en primera línea son los que sí conocen la realidad de los hechos
- Donde no exista la participación de los trabajadores, tampoco existirá el control de calidad

- El principio básico del CC es el permitir a los subalternos que desarrollen y aprovechen la totalidad de sus capacidades
- El sistema de CC requiere que la participación sea de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba. Los suecos la han llamado "Democracia Industrial"
- La mejora de las funciones gerenciales es directamente proporcional a la utilización de datos, cifras, métodos estadísticos y toma de acciones preventivas, predictivas y correctivas
- Las normas y especificaciones técnicas de materias primas, productos y procesos son la trilogía básica de CC
- En CC los empleados multifuncionales son la base del éxito
- Las utilidades a corto plazo no son indispensables, lo que se busca es obtenerlas a mediano y largo plazo de manera continua
- Los productos corregidos, los de aceptación especial y los retrabajos, son todos productos defectuosos
- La calidad de un producto en general, demostrará una distribución estadística.
- Si las normas y reglamentos no se revisan y corrigen cada seis meses entonces prueba que nadie los está utilizando seriamente
- Control es: Planear, Hacer, Verificar y Actuar
- Las normas y los reglamentos, si se cumplen estrictamente, son el 50% de cero defectos. El otro 50% son experiencias, la destreza y la motivación del trabajador

El sistema de calidad debe prever lo siguiente:

- Que se cuente con los Indicadores y Medidores necesarios
- El personal debe entender claramente el sistema de calidad y saber cómo aplicarlo de manera práctica y óptima a su actividad
- Que sea efectivo y proactivo
- Satisfacer las especificaciones y necesidades del cliente interno y externo
- Su enfoque es a la prevención de problemas y a su detección antes de que ocurran
- Registrar en el lugar de trabajo los datos de: producción, proceso, calidad y problemas/acciones
- Que el personal de línea sea el primero en atacar los problemas que se presenten
- Buscar equipos sencillos, baratos y móviles
- Facilitar la elaboración de productos sin errores o variación

## COSTOS

Para alcanzar los objetivos de CC, se debe realizar una inversión que permita llevar a cabo las actividades de la empresa bajo un sistema de CC óptimo.

A continuación se mencionan los cuatro tipos principales de costos que afectan directamente al sistema de calidad:

- ↳ Los costos de Mantener la calidad:
  - ✓ Costos de inspección de procesos, productos y materias primas
  - ✓ Costo de pruebas y evaluaciones de desempeño
  - ✓ Costo de corrección de control pobre
  - ✓ Costo de recolección de datos y obtención de información
- ↳ Los costos de la No Calidad
  - ✓ Costo de corrección de defectos, rechazos, etc.

- ✓ Costo de pérdida del cliente y ventas potenciales
- ✓ Costo de desgaste y desmotivación del personal
- ✓ Costo de transfusión de pérdida a la sociedad

↳ Costos de Mejoramiento de Calidad del Proceso

- ✓ Costo de incremento del nivel de calidad
- ✓ Costo de conocer los niveles de variación
- ✓ Costo de capacitación / adiestramiento
- ✓ Costo de personal experto

↳ Costos del Mejoramiento de la Calidad del Diseño

- ✓ Costo de rediseño del producto
- ✓ Costo de rediseño de equipo, herramientas e instalaciones
- ✓ Costo de implantación de normas (ISO9000) o estándares
- ✓ Costo de investigación de mercado

### 3.4. TAMAÑO DEL LOTE

Existen diversas opiniones en cuanto a este tema. En una línea de ensamble, algunos dirían que es "uno", porque sólo se mueve una unidad a la vez; otros dirían que "infinito", ya que la línea es continua y procesa el mismo producto. Ambas respuestas son correctas, pero difieren en el punto de vista. Aquéllos que contestaron "uno", se basan en que el sistema transporta una *pieza* a la vez. La segunda respuesta se enfoca en el *proceso*. Desde este punto de vista, el lote de proceso es infinito ya que el proceso es continuo e igual para todas las unidades. Por lo tanto, en una línea de ensamble, se tienen **lotes de proceso** (infinito) y **lotes de transferencia** (una unidad).

Un *lote de proceso* es aquél que tiene el tamaño exacto para ser procesado en un período de tiempo determinado. Analizándolo como un recurso, están involucrados el tiempo de preparación y el tiempo de proceso (sin contar el tiempo de mantenimiento o reparación). Los lotes de proceso grandes requieren menos preparaciones y por lo tanto generan más tiempo de proceso y mayor número de productos al final de la operación. Para recursos que son cuellos de botella es preferible que los lotes sean mayores. Para recursos que no son cuellos de botella, se requieren tamaños de lotes de proceso más pequeños (consumiendo el tiempo ocioso existente), por lo que se reduce el inventario de producto en proceso.

Los *lotes de transferencia* se refieren al movimiento de la parte del lote de proceso. En lugar de esperar a que se termine de procesar todo el lote, el material que ha sido terminado por esa operación se transporta a la siguiente estación de trabajo para que empiece a procesar ese lote. Por lo tanto, un lote de transferencia puede ser igual que el lote de proceso, pero no mayor.

La ventaja de utilizar lotes de transferencia más pequeños que los de proceso es que el tiempo total de producción es más corto y el inventario de producción en proceso es más pequeño.

#### 3.4.1. Cómo determinar el tamaño del lote

Consideraremos dos alternativas para determinar el tamaño del lote. La primera es analizar los efectos del programa maestro de producción (MPS) en varios centros de trabajo. En un sistema MRP, el MPS debería correrse a través de MRP y de CRP (programa de requerimientos de capacidad) y generar una corrida detallada en cada centro de trabajo. Sin embargo, existe la probabilidad de encontrar muchos errores en la base de datos de manufactura al realizar el análisis.

En la segunda alternativa el primer paso es identificar el tipo de planta (V, A, T), detectar las restricciones de capacidad (CCR) y los cuellos de botella. Generalmente existe sólo una restricción, la cual deberá ser revisada por el gerente y así determinar el recurso que controla la planta, es decir, aquél que determina la producción. A este tipo de recurso se le conoce como *tambor*, es decir, el recurso que marca el ritmo al que trabaja la línea de producción ("*al ritmo del tambor*").

En lugar de tratar de ajustar el plan maestro de producción para cambiar las cargas de los recursos, es más práctico controlar el flujo en cada cuello de botella o en el recurso cuya capacidad sea una restricción. Los tamaños de los lotes de proceso y de transferencia se pueden modificar después de comparar, con base en las fechas de entrega, el comportamiento de los recursos.

Los lotes de transferencia controlan el inventario de producto en proceso: si el tamaño del lote es pequeño, el flujo de producto puede ser rápido y, en consecuencia, reducir el tiempo de proceso y, por el contrario, si los lotes de transferencia son grandes, aumentan el tiempo de proceso y los inventarios. En conclusión, el tamaño del lote de transferencia se determina con base en los tiempos de proceso debido a los beneficios que se obtienen al reducir el inventario y el impacto en los costos de transporte del material.

Cuando se trata de controlar el flujo en cuellos de botella y en los recursos que tienen capacidad limitada, hay cuatro posibles situaciones:

1. Un cuello de botella (sin tiempo ocioso) que no requiera tiempo de preparación cuando se cambie de un producto a otro.
2. Un cuello de botella que requiere tiempo de preparación para cambiar de un producto a otro.
3. Un recurso con capacidad limitada (CCR con tiempo ocioso pequeño) que no requiere de tiempo de preparación para cambiar de un producto a otro.
4. Un CCR que requiere tiempo de preparación para cambiar de un producto a otro.

El primer caso, en un cuello de botella que no necesita tiempo de preparación para cambiar de un producto a otro, los productos deben ser procesados de acuerdo al programa de producción para que la entrega se lleve a cabo a tiempo. Sin los tiempos de preparación, sólo la secuencia es importante. En el segundo caso, cuando se requieren tiempos de preparación y el tamaño del lote es mayor, se combinan artículos similares en la secuencia de producción; por lo que algunos trabajos serán elaborados antes de su fecha de requerimiento. En el caso de los cuellos de botella, los lotes grandes salvan los tiempos de preparación y por lo tanto aumentan la productividad (el tiempo de preparación ahorrado se utiliza para tiempo de proceso). Sin embargo, entre más grandes sean los lotes de proceso existe el riesgo de que los artículos lleguen a su proceso final después de la fecha programada. Por lo tanto, los lotes de transferencia pequeños son necesarios para tratar de disminuir el tiempo de proceso.

El tercer y cuarto caso son los recursos con capacidad limitada que no incluyen tiempos de preparación y aquéllos que sí lo necesitan. El manejo de estos recursos es similar al que se le da a un no cuello de botella. Pero un CCR siempre tiene tiempos ociosos, aunque éstos pueden ser pequeños. La acción que se lleva a cabo en estos casos es reducir el tamaño de algunos de los lotes de proceso para realizar cambios más frecuentes de producto. Así, se tendría la posibilidad de reducir el tiempo de entrega y los pedidos se prepararían con mayor puntualidad. En caso de que se hagan pedidos para el almacén y disminuya el tamaño del lote



de proceso, se incrementan los lotes de transferencia, es decir, se reduce el producto en proceso.

### 3.4.2. Reducción del tamaño del lote

Para realizar un análisis de los efectos que tiene reducir el tamaño del lote, primero analizaremos dos aspectos importantes: el cálculo estándar del costo de ordenar y del costo de mantener inventarios:

<b>COSTO DE ORDENAR:</b>			
Tiempo de preparación	x	\$ M.O.	= Costo Mano de Obra
Materiales de preparación	x	\$ unitario	= Costo Materiales
% de gastos de preparación	x	Costo primo	= <u>Costo de Gastos</u> Costo Básico
% de gastos administrativos	x	Costo básico	= Costo Unitario
Costo unitario	x	No. de órdenes	= <b>COSTO DE ORDENAR</b>

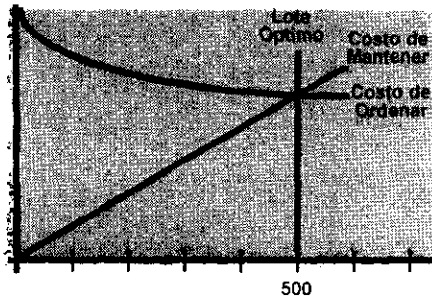
<b>COSTO DE MANTENER INVENTARIO:</b>	
Costo unitario x volumen	= Costo de existencia
% de gastos de administración	= Costo de administración
% de gastos de instalación	= Costo de instalaciones
% de gastos de seguros	= Costo de seguros
% de crédito bancario	= Costo de inversión
% de caducidad-obsolescencia	= <u>Costo de obsolescencia</u>
<b>COSTO DE MANTENER INVENTARIO</b>	

Una vez que se han realizado los cálculos anteriores, se debe realizar un estudio de cómo se afectan los costos si el tamaño del lote varía.

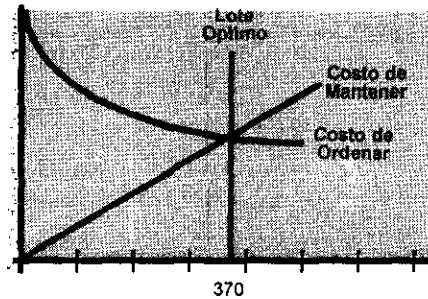
A continuación se muestra una tabla con diferentes valores para el lote óptimo, el cual va a afectar directamente el costo de ordenar, el costo de mantener inventario, el tiempo máquina, tiempo de preparación y, por último, un factor que representa la reducción del tiempo de proceso.

Gráfica	Lote Optimo	Costo de Ordenar (\$)	Costo de Mantener (%)	Tiempo Máquina (hrs.)	Tiempo de Preparación (hrs.)	Factor de Reducción de Tiempo de Proceso
1	500	100	20	80	4.00	1
2	370	70	18.5	59.20 53.28	3.00	0.90
3	210	50	17.5	33.60 26.88	2.00	0.80
4	100	25	16	16.00 11.20	1.00	0.70

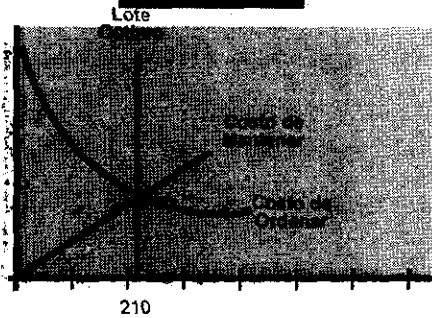
**GRAFICA 1**



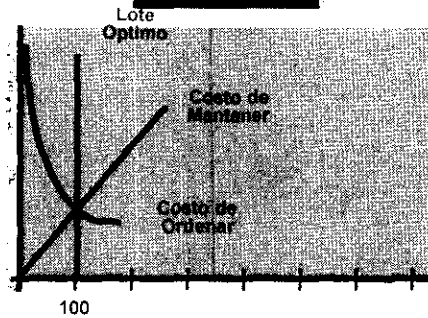
**GRAFICA 2**



**GRAFICA 3**



**GRAFICA 4**



Como se observa en la tabla, conforme el tamaño del lote se reduce, disminuyen también los costos de ordenar y mantener, los tiempos de máquina y preparación. Como se puede observar, el tiempo máquina tiene un rango de variación, lo cual permite realizar una planeación que tolere las variaciones estadísticas del proceso o provoque que el recurso tenga capacidad ociosa. En este sentido, se puede disminuir el tiempo de proceso en el cuello de botella.

Las ventajas principales al reducir el tamaño del lote son las siguientes:

- ✓ Menor costo de ordenar
- ✓ Menores costos de mantener inventario
- ✓ Reducción del tiempo de máquina
- ✓ Reducción del tiempo de preparación
- ✓ Reducción de espacio en donde se coloca el producto en proceso
- ✓ Detectar problemas de otros trabajadores con mayor facilidad
- ✓ Reducción del inventario en proceso
- ✓ Disminución del tiempo de ciclo

### **CAUSAS / EFECTOS DE REDUCCIÓN DE LOTES**

Debido a los beneficios mencionados, se da una tendencia en los valores que son afectados directamente al reducir el tamaño del lote. El siguiente cuadro muestra esta tendencia:

Lote	1
Tiempo de Preparación	0
Tiempo Máquina	0
Tiempo de Proceso	0
Costo de Ordenar	0
Costo de Mantener	0
Disponibilidad de Máquina	Infinito
Diversidad de Producción	Infinito
No. de Preparación	Infinito

**Áreas Básicas de Reducción de Tiempos de:**

PREPARACIÓN	PROCESO	ESPERA	MOVIMIENTO	INSPECCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Búsqueda</li> <li>▪ Distancias</li> <li>▪ Ajustes</li> <li>→ Instrumentación de instalación / Prueba</li> <li>→ Mantenimiento</li> <li>▪ Operaciones Unitarias</li> <li>→ Operaciones simultáneas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Operaciones Unitarias</li> <li>▪ Componentes</li> <li>→ Máquinas</li> <li>→ Herramental</li> <li>→ Mantenimiento</li> <li>→ Operaciones integradas y simultáneas</li> <li>→ Mano de Obra</li> <li>▪ Volumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Kanban</li> <li>→ Sincronización</li> <li>▪ Volumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Kanban</li> <li>→ Rampas / Bandas</li> <li>→ Ruedas</li> <li>▪ Distancia</li> <li>→ Integración de operaciones</li> <li>▪ Volumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Patrones de pruebas</li> <li>→ Instalaciones de efectividad</li> <li>▪ Inspecciones (Tamaño - Frecuencia)</li> <li>▪ Volumen</li> </ul>

Para reducir el tamaño del lote, se deben realizar algunos análisis previos; esto es con la finalidad de obtener un tamaño de lote óptimo que permita realizar las operaciones con un costo mínimo, con la calidad que el cliente espera y en el tiempo que el cliente pide.

- > Análisis de demanda a corto y mediano plazo
- > Análisis de capacidad actual
- > Análisis de costos actuales de ordenar y de mantener inventario
- > Optimización de estructura
- > Optimización de ruta
- > Optimización de maquinaria, herramental, instalaciones
- > Optimización de localizaciones
- > Optimización de equipo de prueba y transporte
- > Solución de problemas principales actuales
- > Obtención de costos y beneficios potenciales de mejoras
- > Diseño de células y balance
- > Implantación de kanban
- > Cálculo de costos de ordenar y mantener
- > Cálculo de un nuevo tamaño de lote

### 3.5. MANUFACTURA FLEXIBLE

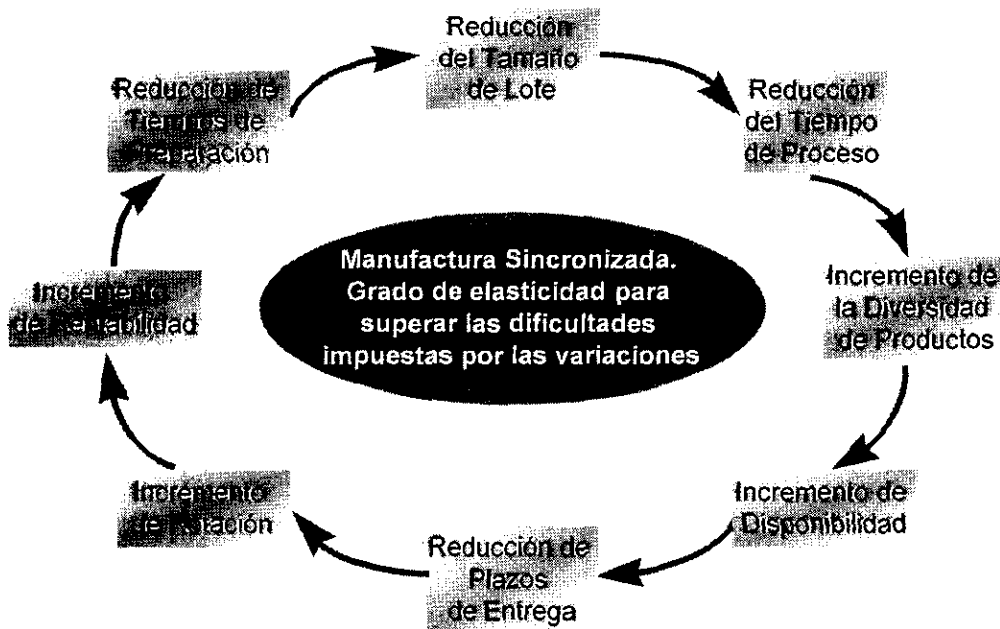
**Definición:** Producir lo que el cliente desea, en la cantidad solicitada, para la fecha requerida y con la calidad acordada.

Manufactura Flexible consiste en:

- Producir de todo un poco de acuerdo a las necesidades del cliente
- Tener la capacidad de cambiar de planes en cualquier momento, es decir, cambios de productos en el momento en que sea necesario, con tiempos de preparación casi cero.
- Cambiar el lay-out de la planta de acuerdo a las necesidades de ventas
- Cambios de personal de acuerdo a las cargas del proceso (personal con multihabilidades)
- Cambios de componentes de acuerdo a las necesidades de ventas (componentes comunes)
- Cambios de diseño del producto de acuerdo a las necesidades del cliente

#### 3.5.1. Flexibilidad

Como se observa en la siguiente gráfica, la flexibilidad en MS es un ciclo en el cual un proceso depende del anterior. Cada cuadro representa una actividad indispensable para que la siguiente se pueda realizar en condiciones favorables y se lleve a cabo con éxito.



### **3.5.2. Elementos Críticos**

Existen cuatro elementos que son críticos para que los sistemas de Manufactura Flexible puedan cumplir con su objetivo, éstos son:

1. Maquinaria
2. Operaciones
3. Instalaciones
4. Mano de Obra

#### **1. Maquinaria Flexible: Debe tener las siguientes características:**

- Movable. Que sea fácil de transportar de un lugar a otro
- Adaptable
- Capaz - Hábil. Que cumplan con su objetivo
- Bajo Costo. Baja Inversión
- Mantenimiento preventivo
- Suficiente para absorber variaciones de la demanda

#### **2. Operaciones Flexibles:**

- El número de operaciones por las que debe pasar el producto deben ser mínimas
- Estandarizar las operaciones que sean comunes a diferentes productos
- Operaciones con capacidad de realizarse en más de una maquinaria y con más de un operario
- Operaciones con tiempos de preparación cercanas al minuto
- Operaciones simultáneas en un sólo paso. Es decir, concentrar las operaciones que se puedan realizar en un sólo paso para ahorrar tiempo y reducir costos.

#### **3. Instalaciones**

- Instalaciones capaces de soportar los cambios en el flujo productivo
- Instalaciones con capacidad de lograr la reducción de tiempos al máximo; así como soportar los cambios en la sincronización
- Contar con las instalaciones y herramientas que tengan la capacidad de producir productos con la calidad acordada
- Instalaciones y herramientas disponibles para absorber las variaciones en la demanda de clientes
- Movibles, adaptables y capaces

#### **4. Mano de Obra**

- Operarios con habilidades múltiples, capaces de trasladarse a otros lugares de trabajo y desempeñar las actividades a las que sean asignados
- Operarios con capacidad de cambiar de turnos y/o trabajar tiempo extra
- Operarios sin obstáculos de índole sindical
- Operarios suficientes para absorber las variaciones en la demanda

### **OPERARIOS MULTIFUNCIÓN**

Un operario multifunción es aquél que está preparado para ejecutar más de una función o actividad cumpliendo con los parámetros establecidos. Dicha preparación le permite cambiar de Máquina, Proceso o Célula sin afectar el proceso-producto.

Un operador multifunción se hace mediante un *Entrenamiento Cruzado* cliente-proveedor interno. Es decir, se debe rotar a los operadores de una célula para que conozcan todas las operaciones que en ese lugar se realizan de acuerdo al flujo productivo de cada producto. Así como rotarlo entre células proveedoras y clientes.

La multihabilidad de los operadores debe estar enfocada, principalmente, en las siguientes áreas: Mantenimiento, Calidad, Proceso, Diseño, Administración, Dirección.

### **3.5.3. Manufactura Celular**

Manufactura celular o células de producción es la agrupación de maquinarias y operaciones distintas, pero que tienen formas y requerimientos de proceso similares, en un área común. Esto es con la finalidad de obtener productos terminados (o subensambles terminados), reduciendo el inventario del producto en proceso, los tiempos de traslado y los tiempos de preparación.

El objetivo que persigue este tipo de lay-out es trasladar las ventajas del lay-out en serie a operaciones tipo taller, es decir:

1. *Mejorar las relaciones humanas.* Las células consisten en unos cuantos trabajadores que forman un pequeño grupo de trabajo; un equipo que procesa unidades completas de trabajo.
2. *Incrementar el conocimiento del operador.* Aumenta la experiencia del operario, ya que éste realiza un número limitado de operaciones al manejar familias de partes, con esto favorece el rápido aprendizaje.
3. *Reducción del inventario en proceso y del manejo de materiales.* Una célula combina diferentes etapas de producción, por lo tanto se reduce el inventario de producto en proceso y el manejo de materiales.
4. *Tiempos de preparación más cortos.* Las operaciones que se realizan son similares, lo que implica la reducción de herramientas o maquinarias y de ahí que los cambios de herramientas se realicen con mayor rapidez y el tiempo de preparación tienda a cero.

Otras ventajas son:

1. Flujo laminar y balance de líneas en función de las necesidades del cliente.
2. No hay inventarios y se ubica todo en un área común para llevar un control visual óptimo y el número de defectos disminuye considerablemente.
3. El cuello de botella regula el flujo de toda la operación.
4. Al haber varias máquinas de un tipo, la capacidad es holgada.
5. Los tiempos de traslado y de espera son improductivos por definición, por lo que con este tipo de lay-out, éstos tienden a cero.
6. Formación de líneas por productos en función del proceso de fabricación.
7. Eliminación de distancias y tiempos de movimientos de materiales.
8. Integración de clientes-proveedores internos en función del proceso de fabricación.
9. Las células no fabrican la misma pieza una y otra vez pero si la misma familia de piezas.
10. Eliminación de desperdicio por defectos.

### 3.5.3.1. Formación de Células

Para cambiar de un lay-out de manufactura tradicional a uno de manufactura celular se debe tomar en cuenta lo siguiente:

1. Agrupar las partes en familias que sigan una secuencia común de pasos. Este paso requiere del desarrollo de sistemas computarizados de clasificación y de códigos. La implantación de tales sistemas representa una inversión fuerte; sin embargo, muchas compañías han desarrollado procedimientos que les permiten identificar las familias de partes fácilmente. Para definir si es óptimo automatizar estos procesos es necesario realizar un análisis con base en el volumen y en los costos de producción.
2. Identificar los patrones de los flujos dominantes de las familias de partes y utilizarlas como base para la localización o relocalización de procesos.
3. Evaluar la demanda promedio, así como los posibles rangos.
4. Evaluar la capacidad, velocidad, características y cantidad de maquinaria y mano de obra existentes.
5. Agrupar físicamente maquinarias y procesos en células de acuerdo a los tipos y formas descritos anteriormente. Aquellas partes que no se pueden asociar con una familia o maquinarias de uso general se ubicarán en una célula conocida como "célula remanente".

Para lograr una agrupación óptima de las familias de partes es necesario realizar un análisis para reducir y estandarizar los componentes y las operaciones de toda la planta. Este es uno de los nueve principios básicos de MS explicados en el capítulo 1.

### 3.5.3.2. Diferencias principales de Manufactura Celular vs. Manufactura Tradicional

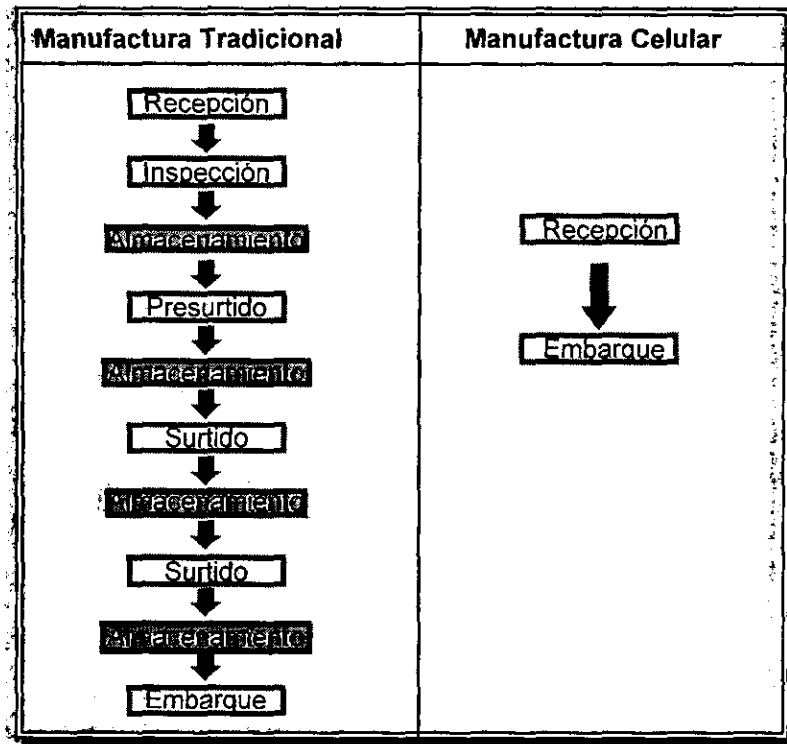
Los puntos de comparación serán los siguientes:

- ⇒ Movimientos de material
- ⇒ Focalización
- ⇒ Ubicación de Oficinas y Ejecutivos

#### > Movimientos de material

Como se observa en la siguiente figura, el flujo del material en un sistema manufactura tradicional es mucho más largo que en el flujo de materiales bajo la filosofía MS. Esto se debe a que en una distribución celular se utiliza el concepto de clientes internos y externos; por lo tanto, cada operación de la célula recibe el material, lo procesa y lo "embarca" al cliente, el cual es un cliente interno (la siguiente operación); y así sucesivamente, hasta llegar a la operación final, en donde el cliente es el cliente final (externo). Cabe señalar que el producto sólo pasa por las operaciones necesarias; en cambio, cuando se trata de procesos en línea el producto tiene que pasar por todas las operaciones, aún cuando éstas no sean requeridas por el material. Es claro que en manufactura celular esto no ocurre, ya que el producto únicamente pasa por las operaciones que su fabricación requiere.

A continuación se muestra un cuadro comparativo del movimiento del material:

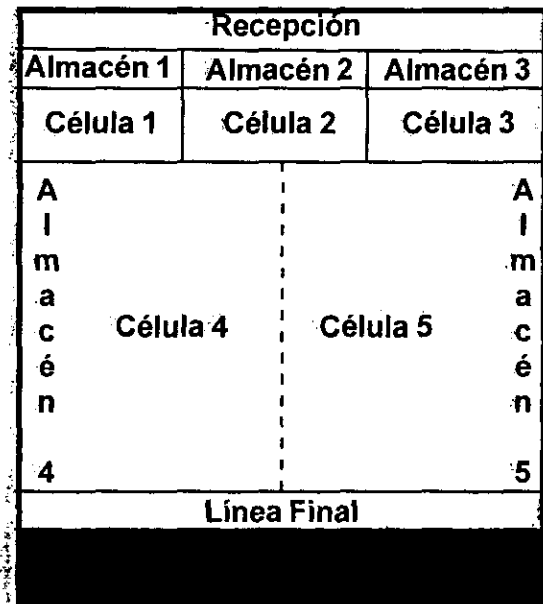


> **Focalización**

En el flujo tradicional encontramos departamentos por operación, lo cual lleva a que no se puede pasar de una operación a otra si el lote no se ha terminado. Esto trae como consecuencia altos tiempos de espera entre una operación y otra, altos inventarios de producción en proceso, poca flexibilidad para trabajar con lotes pequeños.

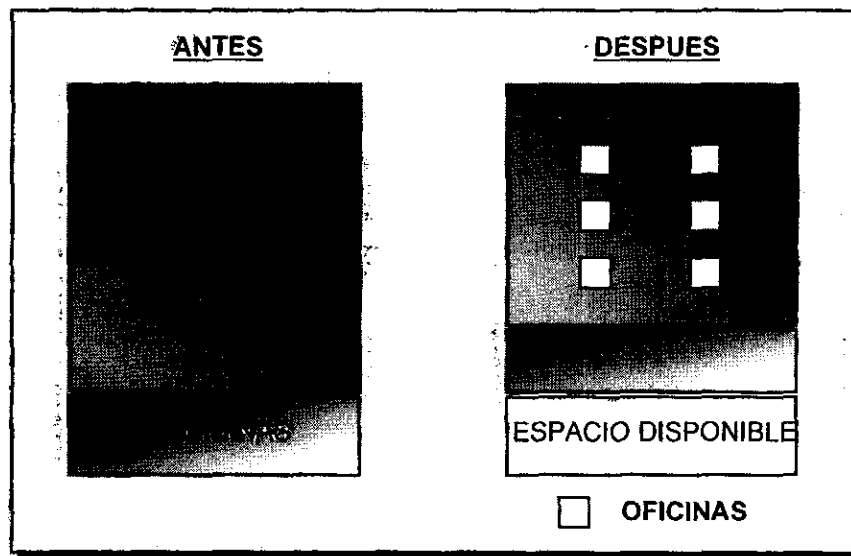
Por otro lado, el concepto de manufactura celular maneja varios centros de trabajo que funcionan como pequeñas líneas de producción mucho más específicas. Esto hace el proceso mucho más eficiente, ya que se disminuye el tiempo de ciclo de cada producto, el inventario de producción en proceso disminuye, así como también hace el manejo de materiales mucho más eficiente.



**ANTES****DESPUES**

➤ **Unificación de oficinas y ejecutivos**

Un diagrama general de la modificación que sufren las oficinas y ejecutivos es el siguiente:



Se observa claramente que bajo manufactura celular, el espacio en la planta ocupado para la maquinaria y las oficinas se aprovecha de forma óptima, de manera que queda un espacio disponible que se puede aprovechar para otros fines.

Con base en lo explicado anteriormente, se puede concluir que el costo, a largo plazo, de los desperdicios (tiempos, espacios, materiales, etc.) es mucho mayor que la inversión que representa reorganizar una planta en células de producción.

### 3.6. CLASIFICACIÓN VAT

Las plantas de manufactura pueden ser identificadas, básicamente, como productoras, transformadoras, y ensambladoras. Una productora utiliza recursos naturales y los refina o separa para ser utilizados por las transformadoras como materia prima. Las transformadoras utilizan los materiales suministrados por los productores básicos a través de distintos procesos, para producir artículos de consumo o productos finales que pueden ser usados por una gran variedad de manufactureros, que se conocen como fabricantes. Los fabricantes producen bienes de consumo o productos para la clase de manufactureros conocidos como ensambladores. Finalmente, éstos últimos combinan varios componentes para producir productos terminados para los consumidores finales.

El diagrama de flujo del producto para la mayoría de las operaciones de manufactura complejas contendrán diversas interacciones de recursos y productos. Sin embargo, algunas de estas interacciones dominarán el comportamiento de toda la operación. Además, todas las plantas que tienen el mismo tipo de interacciones dominantes tendrán características y problemas similares.

El producto o recurso dominante que caracteriza a los diferentes ambientes de manufactura dan las bases para clasificar las plantas manufactureras en tres categorías, las cuales se identifican como *plantas V*, *plantas A* y *plantas T*. La mayoría de las plantas caen en alguna de estas categorías. Aquellas que presentan características de más de una de estas tres clasificaciones, se les conoce como plantas combinadas (*combination plants*). El nombre de estas plantas se debe a que el flujo de materiales tiene una distribución parecida a una letra *V*, *A* o *T*, según sea el caso.

Es importante enfatizar que las plantas de manufactura se desarrollarán al mismo tiempo en el que se fomente un ambiente de Manufactura Sincronizada. Como resultado de esto, los problemas particulares que se presentan van a ir cambiando conforme la planta se vuelva más y más sincronizada. Tan pronto como una serie de problemas se resuelvan, se presentarán otros diferentes, pero, en este momento, la planta se estará desarrollando a un nivel mucho mayor.

#### 3.6.1. Plantas-V

Se clasifican como plantas-V a aquéllas que son básicamente productoras, transformadoras y ensambladoras.

En las plantas-V predomina la interacción de recurso/producto donde un producto se transforma en distintos productos diferentes durante las siguientes etapas del proceso. A este punto se le llama *punto de divergencia*, ya que en esta etapa del flujo, el material tiene diferentes alternativas.

Como lo muestra la figura, el diagrama de flujo del producto identifica las características clave de una operación de manufactura; se dice que dos operaciones con diagramas de flujo parecidos deben de tener características similares.

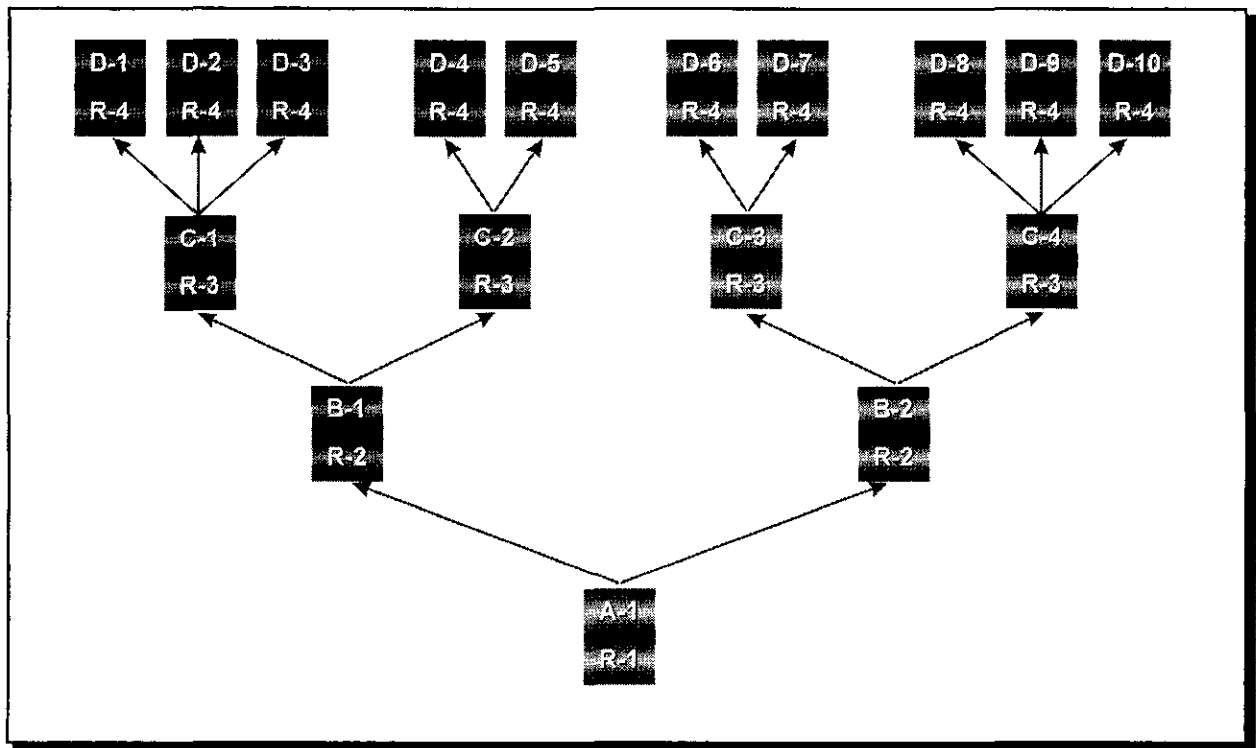
##### 3.6.1.1. Características Generales de las Plantas-V

La característica predominante, como ya se mencionó, es la presencia de puntos de divergencia. Esto da origen a tres características principales en este tipo de plantas:

1. *La cantidad de productos terminados es grande en comparación con la cantidad de materias primas.* Los puntos de divergencia pueden existir en cualquier etapa del proceso

de producción. De ahí que cuando algunas etapas están por terminar, el número de productos diferentes que están siendo procesados puede ser muy grande. Por esta razón se dice que tiende a producir gran cantidad de partes en poco tiempo.

2. *Todos los productos terminados vendidos por la planta son producidos, en esencia, de la misma forma.* Esto es que todos los productos se procesan a través de las mismas operaciones básicas y en la misma secuencia. Además sólo pasan una vez por ese proceso. Por ejemplo, en la industria textil y del hierro, cada pieza de producto terminado atraviesa por la misma secuencia de operaciones.
3. *El equipo es pesado y, generalmente, muy especializado.* Como cada producto tiene la misma secuencia de operaciones, hay un número limitado de rutas de proceso especializadas dentro de la planta. Por esta razón, es posible concentrar la atención en un número relativamente pequeño de operaciones básicas que se llevan a cabo repetidamente. Por otro lado, el enfoque de mejora de un sistema tradicional de costos es reducir el contacto directo con el producto durante su fabricación, lo que obliga al productor a desarrollar un equipo especializado, generalmente pesado y costoso. El trabajo directo se reduce notablemente, pero se pierde flexibilidad en el proceso.



*Diagrama de Flujo de una planta-V*

### 3.6.1.2. Consecuencias del manejo tradicional en plantas-V

Uno de los mayores problemas en este tipo de plantas es que cada punto de divergencia representa un peligro al momento de asignar el material, sobre todo cuando hay una secuencia de puntos de divergencia en el proceso. La asignación incorrecta de materiales tiene como consecuencia exceso de inventario de algunos productos y falta de otros. En la mayoría de los casos, el exceso de inventario incrementa la cantidad de algunos productos terminados, y, en

algunas ocasiones, también incrementa el inventario de producto en proceso. Por otro lado, la falta de productos crea conflictos al momento de surtir las órdenes de clientes.

Identificación de problemas. Los problemas que existen en una planta-V dependen de si el sistema tiene un cuello de botella. Si no hay cuello de botella, entonces la planta tiene capacidad holgada, lo que sumado a las posibilidades de asignación incorrecta del material, pueden provocar una sobreproducción y/o un incremento excesivo de inventario de productos equivocados.

Si hay un cuello de botella, entonces ocurre lo siguiente:

1. Asignación incorrecta de materiales y la sobreproducción antes del cuello de botella creará un inventario muy grande. Como consecuencia de lo primero, el inventario que se genera no es el que se necesita para cubrir la demanda, por lo tanto, los productos que procesa el cuello de botella no están contemplados en la demanda del mercado. Finalmente, los embarques se retrasan y como la compañía no es capaz de responder a la demanda del mercado, los ingresos disminuyen ("throughput").
2. La asignación incorrecta de materiales incrementa la carga en el cuello de botella porque éste tiene que procesar un componente que no corresponde a ese programa de producción y se producen inventarios de productos equivocados.

A pesar de la gran cantidad de productos terminados que se tienen en inventario, los gerentes de las plantas-V se encuentran en grandes aprietos al conocer los verdaderos requerimientos del mercado. No se dan cuenta de que estos cambios son naturales y que muchos de los problemas que tienen son provocados por ellos mismos. Su incapacidad de responder al mercado es debido al inventario de productos equivocados que existe. Cada asignación incorrecta incrementa las cargas en el flujo de los centros de trabajo y más adelante, crea restricciones en el sistema para fabricar los productos a tiempo.

Un factor importante en la sobreproducción y asignación incorrecta de materiales es que el tiempo de preparación que se requiere para los recursos de estas plantas es muy grande. Esto obliga a los supervisores a incrementar los tamaños de lote, a tratar de minimizar los tiempos de preparación combinando lotes siempre que es posible, y a producir al mismo tiempo familias de partes distintas. Estas acciones son consistentes con las medidas tradicionales, pero se pasan por alto las prioridades de producción, por lo que los tiempos de ciclo son impredecibles y, por lo tanto, las fechas de entrega se retrasan.

En resumen, los principales problemas que existen en estas áreas son:

1. Los inventarios de producto terminado son demasiado grandes y no corresponden a los productos demandados
2. El servicio al cliente es deficiente
3. Los gerentes de manufactura están inconformes con el aparente cambio de demanda
4. Los gerentes de mercadotecnia se quejan acerca de la falta de responsabilidad en la operación
5. Los conflictos interdepartamentales son comunes dentro de la operación

Estrategias convencionales para incrementar el desempeño. En la mayoría de las plantas-V, el interés principal de los gerentes es mejorar el servicio al cliente y reducir los costos de producción. El enfoque tradicional para mejorar el servicio al cliente considera que la única forma de mantener un buen nivel de servicio es incluir inventarios de producto terminado en el

programa de producción, y en mejorar las técnicas de pronósticos de demanda. Esta es otra razón por la que hay exceso de inventario. Por otro lado, la reducción de costos de producción tiene por objetivos la disminución de mano de obra directa en el producto y el desperdicio, y mejorar la productividad de los procesos.

Sin embargo, se ha comprobado que planear el inventario de producto terminado no contribuye al mejoramiento del servicio al cliente. La única solución aparente es mejorar la capacidad de pronóstico de demanda de la compañía. Pero en un mercado competitivo, la habilidad para pronosticar la demanda acertadamente es muy limitada. Al productor le gustaría firmar órdenes a largo plazo para tener una planeación más efectiva y sobre pedidos en firme. Pero el cliente prefiere un tiempo de ordenar corto para mantener las opciones abiertas. El hecho de que las ventas se puedan pronosticar con cierto grado de exactitud no es de gran ayuda para los gerentes de producción. Ellos deben producir productos específicos, aún cuando produzcan familias de partes. Los jefes de producción deben trabajar con los pronósticos de productos específicos, pero la exactitud de éstos es muy pobre, y entre mayor sea el tiempo de ciclo, menos útil serán los pronósticos.

Debido a las ineficiencias encontradas en las plantas-V, y a la presencia de la competencia en el mercado, se ha buscado a toda costa reducir los costos de producción. Como ya se ha mencionado, el enfoque tradicional es reducir la mano de obra directa. Esto llevará a la planta a utilizar equipo pesado y especializado. El resultado es que se reduce la mano de obra, pero se pierde flexibilidad. Este puede ser un precio muy alto en un mercado tan competitivo.

También se desean minimizar los costos causados por mala calidad. Los problemas de calidad incrementan los costos por desperdicio, retrabajo y garantía. El proceso, en general, requiere que las áreas problema sean identificadas y se encuentren soluciones, desde el punto de vista de la ingeniería.

### **3.6.1.3. Aplicación de MS en las plantas-V**

Como se ha explicado, en la mayoría de las plantas-V la competitividad está en función del nivel de servicio a cliente y en los costos de producción. La estrategia de MS para mejorar el desempeño de una planta-V es muy diferente a lo tradicional. Esta estrategia requiere que los elementos competitivos sean observados en términos de medidas operacionales de "throughput" (ingresos debido a ventas), inventario y gastos de operación.

La mejor forma de incrementar el servicio a cliente es reduciendo el tiempo de ciclo. La reducción de los tiempos de ciclo equivale a reducir los inventarios de producto en proceso. Esta estrategia es exactamente contraria al enfoque tradicional que trata de satisfacer la demanda del cliente aumentando los niveles de inventario.

Para entender cómo reducir los costos de producción, es necesario considerar el efecto de cualquier decisión en el "throughput", inventarios y en los gastos de operación. El objetivo es optimizar aquellas actividades que incrementan el "throughput" y que reducen los inventarios y los gastos de operación.

Para incrementar el "throughput" se requiere que la compañía no sólo produzca más, sino que venda más. Para vender más, se deben mejorar los elementos competitivos de la empresa. Por ejemplo, probablemente sea necesario mejorar el nivel de servicio, para lo cual es necesario reducir el tiempo de ciclo. Para producir más productos con los mismo recursos se requiere identificar y manejar adecuadamente las restricciones de capacidad del sistema.

Una reducción en los niveles de inventario tendrán un impacto inmediato en los gastos de operación del negocio bajando el costo de llevar inventario. Lo mismo que una reducción en el inventario de producto en proceso que también impactará positivamente los elementos competitivos del negocio y tenderá a incrementar el "throughput" del sistema.

Reducir los costos operativos involucrará tomar acciones correctivas que eliminen elementos de desperdicio, como problemas de calidad, teniendo como objetivos primordiales el aumento del ingreso por ventas, reducción de inventarios y reducción de gastos de operación..

El procedimiento sistemático empieza con la identificación física de las restricciones (de capacidad y de materiales) que limitan el desempeño del sistema. En el caso de las plantas-V, generalmente existe una restricción de capacidad. Una vez que esta restricción ha sido identificada, entonces se debe determinar los requerimientos del inventario de seguridad del sistema. Esto incluye el tamaño y la localización de los inventarios de seguridad.

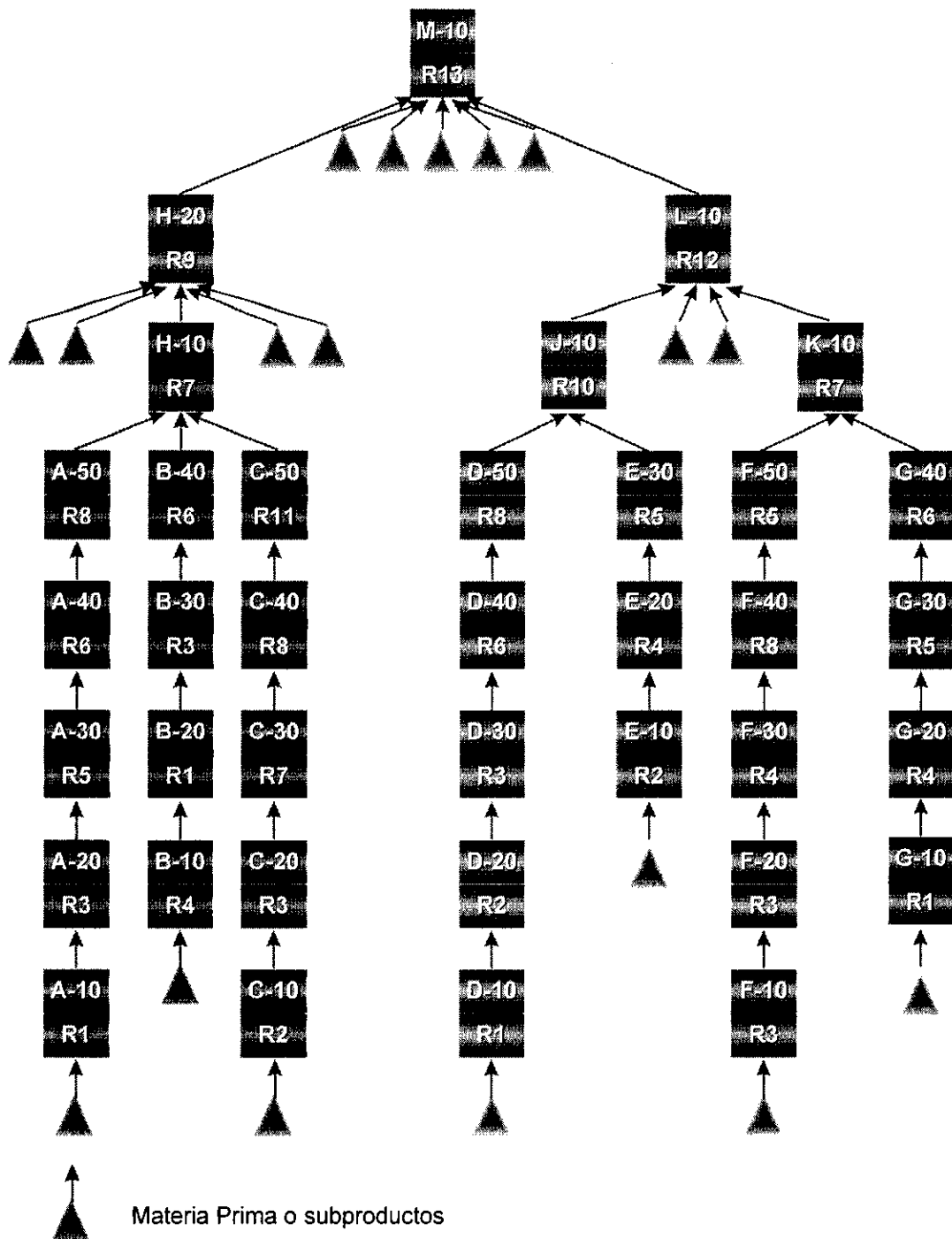
El plan maestro de producción debe ser consistente con las restricciones de capacidad identificadas con anterioridad. Una vez que éste ha sido desarrollado, el siguiente paso es asegurarse que todos los recursos pueden soportar el flujo de productos planeado.

### **3.6.2. Plantas-A**

Hay dos categorías de plantas que realizan operaciones de ensamble: plantas-A y plantas-T. Aquellas plantas que fabrican relativamente pocos productos distintos y que, en su mayoría, están formados por distintos componentes, se llaman plantas-A. Por ejemplo, las plantas que producen equipo pesado o especializado, como generadores, son plantas-A típicas.

Las plantas-A son dominadas por las interacciones de recursos o productos donde se ensamblan dos o más componentes para producir un producto padre. Los puntos de ensamble en el diagrama de flujo se conocen como *puntos de ensamble*, o *puntos de convergencia*, porque es aquí en donde el material converge de distintas fuentes para formar un producto único. Un flujo de producto típico de plantas-A se muestra en la figura. En las plantas-A, en contraste con las plantas-V, el número de materiales comprados es mucho mayor que el número de artículos producidos. Se pueden requerir varios niveles de subensambles antes del ensamble final. Como todo el flujo de producto de la planta es más bien convergente que divergente, el diagrama de flujo representa una V invertida. De ahí su nombre de planta-A.

La manufactura del motor de un jet es un excelente ejemplo de una operación de ensamble, ya que requiere de un gran número de componentes. Para construir el motor, muchos de los componentes se combinan en subensambles. De hecho, la mayoría de los componentes principales son subensambles compuestos de cientos de partes cada uno. El diagrama de flujo contiene un número muy largo de materiales comprados, los cuales convergen en un producto único. El diagrama de ensamble del motor tiene una base muy ancha y una cabeza muy angosta.



**Diagrama de flujo de una planta-A**

### 3.6.2.1. Características Generales de las Plantas-A.

Como se dijo anteriormente, las interacciones dominantes representadas en el diagrama de flujo de una planta-A identifican las características operacionales de la fábrica. De esta manera, todas las empresas que son dominadas por la existencia de puntos de ensambles

convergentes comparten características y problemas comunes. Las plantas-A tienen cuatro características principales:

1. *La característica que las distingue es el ensamble de un gran número de partes manufacturadas en un número relativamente pequeño de productos finales. Cada punto de ensamble representa una disminución en el número de los diferentes tipos de producto (dos o más partes se combinan creando un nuevo número de parte.). Después de unas cuantas operaciones de ensamble, el número de productos se reduce notablemente.*
2. *Las partes componentes son únicas ya que están destinadas a productos finales específicos. Esta es una característica clave que distingue a las plantas-A de las plantas-T. Por ejemplo, consideremos las partes componentes del motor de un jet. Cada componente, como el aspa del compresor, es único para un tipo específico de motor. Aunque cada motor tendrá un aspa de compresor, las aspas no son intercambiables de un tipo de motor a otro.*
3. *Las rutas de producción para los componentes son distintas. No es del todo extraño que una parte manufacturada tenga que pasar por 50 operaciones, mientras que otra parte, requerida para el mismo ensamble, pase por muy pocas operaciones.*
4. *Las máquinas y herramientas utilizadas en el proceso de manufactura tienen un propósito general. En una planta-A, la misma máquina se utiliza para procesar un gran número de partes distintas. De hecho, una parte puede ser procesada en la misma máquina varias veces en el transcurso de su ruta. Por lo tanto, la mayor parte de la maquinaria que utilizan es flexible. Esto contrasta con el equipo altamente especializado que se utiliza comúnmente en las plantas-V.*

### **3.6.2.2. Consecuencias del manejo tradicional en plantas-A**

Las plantas-A son dominadas por las interacciones de recursos o productos que ocurren en los puntos de convergencia. En este tipo de plantas se encuentran muy pocas oportunidades para que haya asignación incorrecta de materiales, ya que las partes que fueron procesadas son únicas y están destinadas a productos específicos. Sin embargo, estas plantas se caracterizan por problemas que son consecuencia de asignación incorrecta de recursos; esto se debe a que hay subproductos que son procesados en lotes excesivamente grandes. Se manejan lotes grandes porque se intenta aminorar los costos de producción reduciendo los cambios para procesar distintas partes.

Identificación de problemas. Si se procesan productos en lotes muy grandes el flujo tiene un comportamiento de "ola", es decir, al utilizar lotes muy grandes en un sólo centro de trabajo se disminuye la velocidad del flujo. Este tipo de flujo crea dos problemas que parecen ser contradictorios, pero son típicos de las plantas-A. El primero es que la utilización de recursos no es satisfactoria porque los centros de trabajo tendrán que esperar a que el material sea procesado en el centro anterior. Al estar esperando la utilización de ese recurso disminuye. El segundo problema es el frecuente uso de tiempo extra para cumplir con las fechas de entrega prometidas. El tiempo extra se necesita porque los centros de trabajo se encuentran ociosos durante grandes períodos de tiempo debido a la falta de material. Cuando, finalmente, el material llega, es demasiado tarde para completar las operaciones restantes a tiempo, y es entonces cuando se debe recurrir al tiempo extra para cumplir con las fechas de entrega.

Igual que en las plantas-V, la asignación incorrecta de los recursos es resultado de acciones que están enfocadas al costo de producción y a la eficiencia. Se debe reconocer que las



asignaciones incorrectas no son resultado de la falta de disciplina en el piso, sino más bien de las decisiones con respecto a los tamaños de lote (para reducir costos) y la liberación acelerada de material (para mantener la eficiencia de la mano de obra).

La misma situación de escasez o exceso que existe comúnmente en los centros de trabajo que no son ensambladores, ocurre en las operaciones de ensamble. Sin embargo, a diferencia de otros centros de trabajo, las operaciones de ensamble normalmente requieren que todas las partes que se necesitan estén disponibles antes de que el proceso empiece. La llegada de lotes largos de una sola pieza no es suficiente para iniciar el proceso de ensamble. El flujo con efecto de 'ola' hace poco probable que todos los componentes estén disponibles cuando se necesiten, y que constantemente no se tendrá la pieza que se necesita para continuar con la operación. Para solucionar este problema, se rastrean las partes faltantes y se acelera su producción. Los inventarios cambiarán continuamente, lo cual puede dar la apariencia de que es un cuello de botella que va de un lugar a otro.

Los gerentes de las plantas-A tienen problemas para comprender las aparentes inconsistencias de la operación. A pesar de la existencia de grandes cantidades de producto en proceso y de inventarios de componentes, las partes requeridas no son suficientes. Más interesante aún, la asignación equivocada de recursos que crea exceso de inventarios también genera escasez y necesidad de acelerar la producción de las partes faltantes.

El nivel insatisfactorio de utilización de recursos y el uso del tiempo extra causa que la operación sea menos productiva de lo esperado. Esto significa también que los costos de producción son más altos de lo esperado. Las contradicciones aparentes entre los niveles bajos de utilización y la constante aceleración de producción son difíciles de entender para los gerentes de las plantas. Estas contradicciones también crean la impresión que la operación está fuera de control. Por esta razón, los gerentes concluyen que los procesos de producción están fuera de control porque la información y los sistemas de control son inadecuados.

Estas son de las preocupaciones principales a las que se enfrentan los gerentes de las plantas-A. Las áreas problema se pueden resumir como sigue:

1. La línea de ensamble continuamente carece de material suficiente para su producción
2. El tiempo extra no planeado es excesivo
3. La utilización de recursos (no la activación) no es satisfactoria
4. Los cuellos de botella parecen ir de un lugar a otro de la línea de ensamble
5. La operación entera parece estar fuera de control

Estrategias convencionales para mejorar el desempeño. El acercamiento tradicional para mejorar el desempeño en una planta-A, puede tener dos consecuencias. La estrategia normalmente enfatiza la reducción del costo por unidad del producto y la mejora del control de operación.

En un intento por reducir el costo de producto, la gerencia hará hincapié en lo siguiente:

1. *Mejorar la eficiencia de la operación.* El esfuerzo está específicamente dirigido a mejorar la eficiencia de la mano de obra directa involucrada en la producción. La baja utilización parece sugerir la existencia de demasiados trabajadores. De ahí que, en plantas-A, hay presión para reducir el tamaño de la fuerza de trabajo.

2. *Controlar el uso de los tiempos extra.* Debido a los niveles bajos de utilización, el uso del tiempo extra será analizado rigurosamente y aprobado en situaciones extremas.
3. *Enfocar los esfuerzos de ingeniería para reducir el costo por unidad.* Esto significa reemplazar los procesos manuales con procesos automatizados. Si esto tiene como consecuencia la reducción de flexibilidad o incremento en los tiempos de preparación, entonces la automatización más bien agravará el problema de flujos de material erróneos.

El problema de falta de control se debe, generalmente, a los intentos por desarrollar un sistema integrado de producción. En organizaciones grandes, esta es una misión difícil de llevar a cabo. El problema de diseño y de una implantación exitosa de un sistema único integrado, se hace particularmente difícil por el hecho de que las diferentes áreas de la organización tienen distintos criterios para definir un buen sistema. Cada unidad organizacional votará por un sistema que esté diseñado para alcanzar y optimizar sus metas locales. Debido a que, en ocasiones, las metas locales no coinciden del todo con las metas globales, la 'suboptimización' es el resultado natural. Por ejemplo, la función de mercadotecnia/ventas es siempre buscar nuevas formas de diferenciar su producto con el de la competencia. Esto lleva a rediseñar el producto o a realizar cambios en la ingeniería del mismo. Pero las modificaciones de ingeniería pueden causar mayores problemas en manufactura y son comúnmente acompañados de una pérdida en eficiencia (al menos temporal). Así, las metas locales de mercadotecnia y manufactura pueden entrar en conflicto. Se necesita estudiar cuidadosamente las metas y lineamientos de la empresa para que no haya problemas y así maximizar las metas organizacionales.

### **3.6.2.3. Aplicación de MS en las plantas-A.**

En la mayoría de las plantas-A, la clave para la competitividad depende de que los problemas sean identificados a tiempo (utilización pobre de recursos, exceso de tiempo extra, escasez de partes, y cuellos de botella de un lugar a otro). Aunque es claro que estos problemas tendrán como resultado un servicio a cliente deficiente, el problema crítico en este tipo de plantas es que los costos de producción son excesivamente altos. Para reducir los costos de producción, es necesario desarrollar e implantar una estrategia que elimine los problemas de raíz.

La estrategia de MS para mejorar el desempeño de una planta-A es muy diferente de la estrategia tradicional. La causa primaria del síndrome de la escasez o del exceso es el comportamiento de 'ola' del flujo de producción. Se deben tomar medidas para eliminar o reducir drásticamente este fenómeno. La solución es obvia. El flujo del material debe ser reemplazado por un flujo más uniforme y sincronizado. Para reducir los niveles de inventario y establecer un flujo de material más uniforme, los lotes de proceso y de transferencia deben de ser tan pequeños como sea posible. Un flujo uniforme permitirá que la carga de trabajo en los centros de trabajo ensambladores y no ensambladores se nivele. Al compensar la capacidad perdida, se resolverá el problema de la utilización baja de recursos y del abuso del tiempo extra.

A continuación se resumen los procedimientos que existen para implantar los conceptos de MS en una planta-A:

Primero, se deben identificar las restricciones que limitan el desempeño del sistema. Las plantas-A, a diferencia de las plantas-V, se caracterizan porque tienen más de una restricción en la capacidad de recursos (CCR, por sus siglas en inglés). Los procedimientos para identificar los CCR's en una planta-A son completamente diferentes de aquellos utilizados en una planta-V.

Después de que se han identificado las restricciones, se debe determinar el tamaño de los inventarios de seguridad. En una planta-A, los inventarios de seguridad pueden ser usados con gran aprovechamiento, pero en una manera muy distinta que en las plantas-V. Dada la naturaleza de los procesos de las plantas-A, no es conveniente tener inventarios de componentes (como trabajo en proceso) para anticipar la demanda del mercado. Pero se pueden utilizar para simplificar el control de un número grande de componentes que son comunes a diferentes productos. Los inventarios de seguridad deben de localizarse antes de los CCR's, antes de un ensamble y antes del área de embarque.

Las restricciones deben ser consideradas cuando provengan del plan maestro de producción. Una vez que se ha determinado el PMP, todos los recursos en una planta-A deben de manejarse para que satisfagan la producción planeada en el PMP.

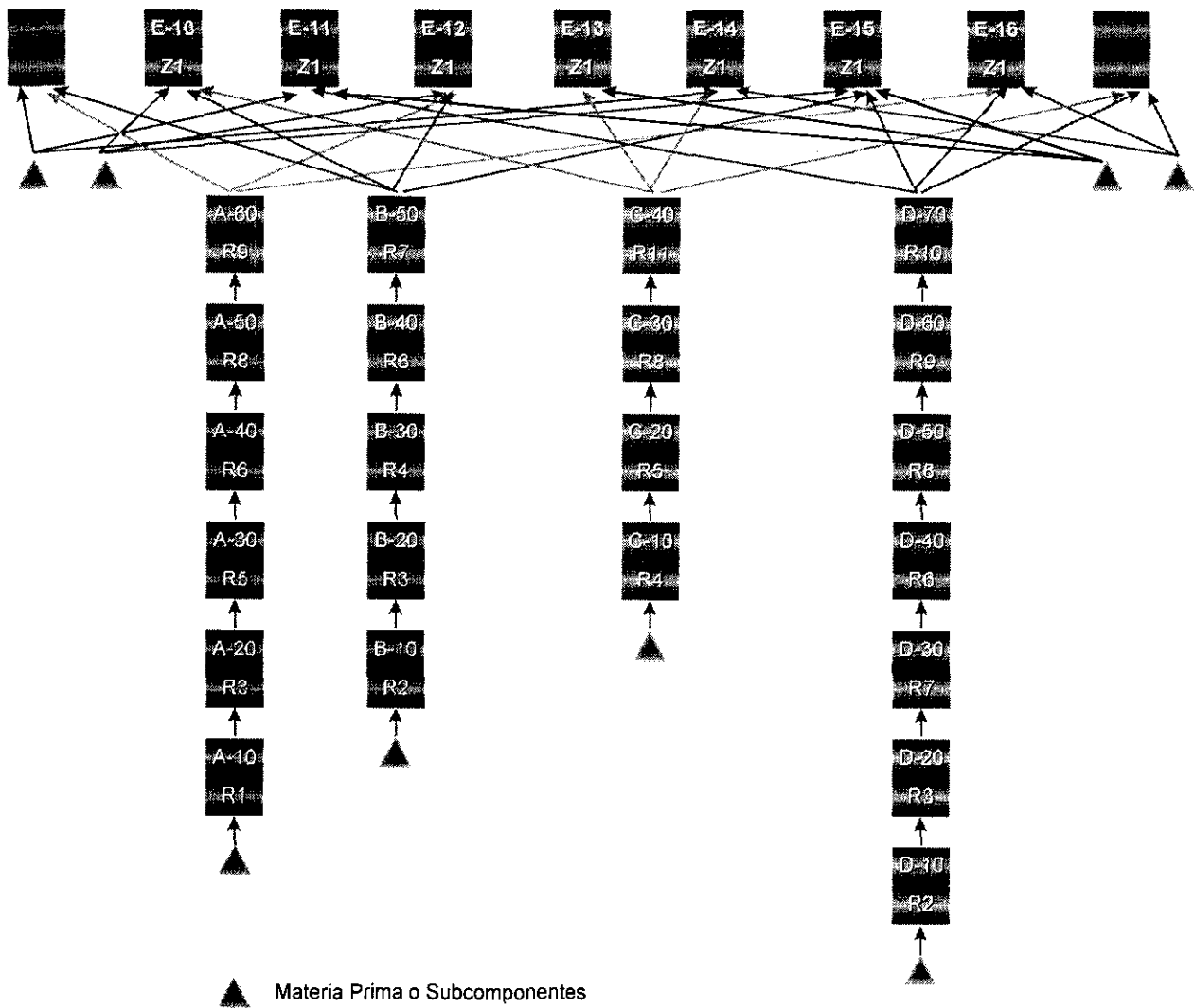
### 3.6.3. Plantas-T

La característica principal de las plantas-T es que los productos finales son ensambles que utilizan componentes comunes a muchos de ellos. Esta situación generalmente se da en compañías que producen familias de productos, la diferencia está en que algunos de estos componentes pueden ser partes opcionales o simplemente ligeras variaciones en el empaque. Las fábricas de aparatos domésticos son ejemplos de plantas-T.

En las plantas-T la cantidad de productos terminados supera el número de componentes, esto se debe a que se cuenta con una cantidad relativamente pequeña de componentes los cuales se combinan para formar un gran número de ensambles diferentes. El diagrama de flujo se expande al final, pareciendo una letra *T*. De ahí su nombre de planta-T.

El ambiente de una planta-T típica es aquella que opera con ensambles sobre pedido. Los tiempos de entrega requeridos por el cliente son relativamente cortos, y, por otro lado, la obtención de componentes, el tiempo de proceso necesitan de mayor tiempo, y las técnicas utilizadas para el pronóstico de demanda de cada producto no son muy exactas. Para tratar de evitar retrasos en los tiempos de entrega, los componentes necesarios para producir los distintos productos son programados en el Plan Maestro de Producción y se almacenan antes del ensamble final. Las interacciones que resultan de los componentes disponibles, los productos requeridos y los recursos limitados dominan la operación de la planta-T.

La región de ensamble final en el diagrama de flujo de una planta-T es la parte superior de la estructura, mientras que la región que contiene todos los procesos de subensamble se localizan en la base de la estructura. La parte superior del diagrama siempre tiene la misma estructura básica: es un conjunto de componentes comunes que se explosionan en un número mucho más grande de productos terminados. El caso de una planta-T se presenta simbólicamente en la figura. Es importante notar que la base de la estructura no contiene puntos de ensamble o de divergencia. La definición de una planta-T es aquella en la cual la base de la estructura es esencialmente en forma de *I*. Esto es, los componentes comprados no son subensambles ni se procesan a través de puntos de divergencia. En este tipo de ambiente, el número de componentes comprados es igual al número de componentes utilizados en el ensamble final. En este tipo de planta casi no se realizan subensambles.



**Diagrama de flujo de una planta-T**

### 3.6.3.1. Características Generales de las Plantas-T.

A simple vista, puede parecer que las plantas-A y las plantas-T son muy similares. Es verdad que las dos son dominadas por las interacciones dadas en los procesos de ensamble y muchas plantas que tienen las características distintivas de las plantas-T en el ensamble final tienen en la base de su estructura un tipo de planta-A. Pero el diagrama de flujo demuestra que estos dos tipos de plantas tienen diferencias significativas. Una característica importante es el hecho de que la naturaleza de los puntos de ensamble para los dos tipos de plantas son exactamente opuestos. En las plantas-A, los puntos de ensamble representan un área de convergencia en el flujo del producto. En las plantas-T, los puntos de ensamble representan un área de divergencia en el flujo de producto. De esta forma, las plantas-A se caracterizan por lo que hemos llamado puntos de ensamble convergentes, mientras que las plantas-T se caracterizan por puntos de ensamble divergentes. Más aún, los componentes utilizados en el ensamble final en las plantas-T son comunes a muchos productos terminados, mientras que en las plantas-A los componentes son únicos y para un producto específico. Estas diferencias causan una serie de problemas característicos de las plantas-T.

Hay que notar que las plantas-T y las plantas-V tienen puntos de divergencia. Sin embargo, en las plantas-T, los puntos de divergencia se concentran en una sección (ensamble) del proceso de producción. En cambio, en las plantas-V no existen puntos de ensamble y los puntos de divergencia que hay a lo largo de todo el proceso dominan el flujo de materiales.

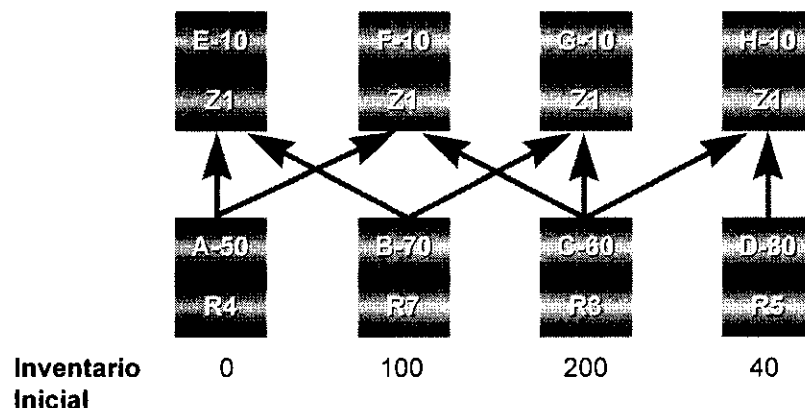
Lo anterior se pueden resumir estableciendo cuatro características distintivas de las plantas-T:

1. Las partes comunes que son manufacturadas o compradas se ensamblan para producir el producto final.
2. Los componentes son comunes a la mayoría de los productos terminados.
3. Las rutas de producción para los componentes no incluyen procesos de divergencia o ensamble.
4. La ruta de producción de cualquier componente que requiera ser procesado es diferente a la de otro componente.

### 3.6.3.2. Consecuencias del manejo tradicional en plantas-T

El problema primordial en las plantas-T son las interacciones que se dan en los puntos de ensamble divergentes. Los efectos de la asignación equivocada de materiales en una operación de ensamble dominan el funcionamiento de las plantas-T, esto se debe a que los componentes son comunes a muchos productos.

Identificación de problemas. Para demostrar los efectos de la asignación equivocada de material en una planta-T, consideremos el caso de la figura. La figura muestra la estructura de ensamble del diagrama de flujo, en donde se involucran los componentes A, B, C y D, y los productos ensamblados E, F, G y H. Las flechas entre los componentes y los ensamblados definen la ruta de cada producto. También se indica el inventario de seguridad de cada producto. Ahora supongamos que se recibe una orden de compra por 100 unidades del producto E. Para producir el producto E se requieren 100 unidades de la parte A y 100 unidades de la parte B. Como se ve en el diagrama, aunque hay 100 unidades de la parte B en el inventario, las partes A no están disponibles en este momento. Se tendrá que recurrir a una producción de emergencia de la parte A para realizar el proceso de ensamble. Mientras esto ocurre, la operación de ensamble está ociosa. Aunque el producto E no puede ser inmediatamente producido, hay un suministro adecuado del material para producir las 100 unidades de producto G, el cual requiere partes B y C. Si se activa el proceso de ensamble y se produce el artículo G, entonces la parte B y la parte C no estarán asignadas correctamente.



La asignación incorrecta de la parte B para producir unidades de G (para el cual no existen pedidos en este momento) incrementa el inventario del producto G. Sin embargo, el problema que crea esta asignación de material es más grave que sólo la acumulación de inventario. Cuando el componente A está finalmente expedido al área de ensamble, no es posible seguir ensamblando el producto E, porque el componente B requerido para su ensamble ha sido consumido en la producción de G. La parte B, de la cual había suficiente inventario en un principio, ahora tendrá que ser producida urgentemente para poder procesar la orden para el producto E.

La asignación incorrecta de la parte B ha creado inventario de un producto que no era requerido en ese momento, y al menos una reducción temporal en ventas. Además, mientras que la parte B está siendo producida, el nuevo inventario de la parte A puede ser ensamblado con la parte C para producir unidades de producto F. Esta activación en el proceso de ensamble creará un inventario adicional de este último y el ciclo empezará de nuevo.

El mayor problema de las plantas-T es consecuencia de la asignación incorrecta de los componentes comunes en el área de ensamble final: el inventario de productos terminados es excesivamente alto en la mayoría de las plantas-T. Por otro lado, las fechas de entrega prometidas a los clientes no se cumplen. Es común encontrar que el número de órdenes que son surtidas a tiempo son más o menos igual al número de órdenes surtidas tarde; es decir, en muchas plantas-T como el 30 o 40% de las órdenes se surten a tiempo, mientras que otro 30-40 % se surten tarde. En resumen, se puede decir que la gravedad de los problemas está directamente relacionada con la frecuencia de uso de los componentes requeridos para los ensambles.

Las áreas que manufacturan los componentes (que pueden ser plantas distintas) deben enfrentarse con la ineficiencia del suministro de materias primas y los gerentes del departamento de ensamble no tienen la suficiente habilidad para conocer con mayor exactitud sus propios requerimientos. Para asegurarse que los componentes requeridos estén disponibles, los gerentes de manufactura deberán ser flexibles con sus pronósticos. La producción de componentes está basado en un estimado del consumo actual. Los consumos estimados y el manejo para reducir el número de preparaciones tiene como consecuencia lotes de proceso muy grandes.

Si se utilizan lotes de proceso grandes, los tiempos de proceso serán mayores. Esto último combinado con un pronóstico de demanda poco confiable provoca que las plantas-T tengan problemas similares a los de una planta-V: inventarios de producto terminado muy altos y poca coincidencia entre lo que está en inventario y la demanda del mercado. Las plantas-T tienden a tener una rotación de inventario baja.

Los lotes grandes de componentes pueden causar el mismo efecto de ola en el flujo del material que en las plantas-A. Si esto ocurre, todos los problemas asociados con este flujo estarán presentes en las plantas-T. Estos problemas incluyen baja utilización de recursos, uso frecuente del tiempo extra, y escasez frecuente de partes para el proceso de ensamble.

La asignación incorrecta de material también puede tener consecuencias en el departamento de compras. Tal y como la producción de las partes de ensamble se interrumpe debido a la indisciplina en las actividades de ensamble, la compra de materiales y componentes se afecta también cuando se cambian los requerimientos de producción. Si esto ocurre frecuentemente, compras tendrá poca fe en el pronóstico de materiales basado en el plan de producción. En vez de esto, se basará en su experiencia para planear la compra de materias primas y como su utilización es mayor que el pronosticado, tenderá a incrementar las órdenes planeadas por el

departamento de producción. Los inventarios de materias primas se incrementarán. De esta forma, los inventarios serán excesivos a lo largo de toda la línea de producción, desde materias primas hasta producto terminado.

Todo lo anterior se ha convertido en algunas de las mayores preocupaciones que los gerentes de las plantas-T están enfrentando:

1. Inventarios grandes de componentes y de producto terminado
2. No se cumplen del todo las fechas prometidas (30-40% más temprano, o 30-40% tarde)
3. Tiempos de ciclo excesivos
4. Utilización de recursos insatisfactoria
5. La fabricación de componentes y los procesos de ensamble son tratados como plantas separadas

Estrategias convencionales para mejorar el desempeño. La principal preocupación en la mayoría de las plantas-T es que el nivel de servicio es muy bajo. Bajo este contexto, el servicio a cliente puede ser visto tanto como la capacidad de producir los pedidos para entregarlos en las fechas prometidas o como la habilidad de embarcar el pedido a tiempo. Una segunda preocupación es que los costos de producción son muy altos, lo cual está relacionado con el primero.

Es importante destacar que es difícil mantener un servicio a cliente satisfactorio debido a los problemas originados por la asignación errónea de componentes en los procesos de ensamble, ya que no es probable que los productos producidos coincidan con el programa de producción. Por lo tanto, muchas órdenes de cliente se embarcan tarde. Satisfacer la demanda del inventario existente también es difícil debido a que es muy poco factible que ya se tenga en inventario la mezcla de productos requerida.

Llevar altos niveles de inventario es una estrategia común que se utiliza principalmente para improvisar entregas de producto terminado. Pero esta estrategia no ha sido del todo exitosa. De hecho, debido a los efectos en el tiempo de ciclo y en los gastos de operación, un nivel de inventario alto es perjudicial para el desempeño de toda la firma.

Las plantas-T se dedican, principalmente, a la fabricación de productos de consumo. En este tipo de mercado, el precio de los productos es uno de los elementos competitivos más importantes, por lo que, además de tratar de mejorar el servicio al cliente, la gerencia recalca la importancia de reducir el costo y el precio del producto. Para alcanzar estos objetivos de mejora en una planta-T, generalmente se incluyen las siguientes dos estrategias:

1. *Perfeccionar la entrega de pedidos que provienen del inventario existente, desarrollando técnicas de pronósticos y mejorando la planeación del inventario y las funciones de control.* Existen numerosos modelos de pronósticos que se usan con frecuencia para la planeación de inventarios. Sin embargo, en un ambiente competitivo, es difícil desarrollar pronósticos certeros para productos específicos. Además, primero hay que resolver los problemas de asignación incorrecta de componentes, de otra forma, cualquier propósito para planear inventarios con la finalidad de anticiparse a la demanda está destinado a fracasar.
2. *Reducir los costos de producto mejorando la eficiencia de las operaciones.* Se tiene como objetivo mejorar la operación enfocando la atención en elementos de desperdicio, como lo son las frecuentes preparaciones y tiempos extras. Pero hay que considerar, por ejemplo, qué pasa si los gerentes tratan de optimizar sólo los tiempos de preparación. Como la

cantidad de preparaciones en el sistema se ha reducido, los lotes se incrementan, y el flujo con efecto de *ola* empeora. Esto solamente agrava los problemas de los tiempos de ciclo, inventarios y la utilización de tiempos extra. La eficiencia real de la planta se deteriora.

Los esfuerzos para mejorar pueden ser direccionados a la reducción de costos del producto a través del diseño del mismo. Si los diseños se concentran primeramente en el costo por unidad estimado, el resultado puede ser la multiplicación de los productos. Esto ocurre cada vez que un componente se diseña de forma 'óptima' para cumplir con los requerimientos del producto final al menor costo. el impacto que tiene en los inventarios y las entregas es devastador.

Otro camino para mejorar puede ser enfatizar el uso de tecnología nueva para reemplazar los procesos manuales con procesos automatizados. sin embargo, esto será beneficioso, sólo si las entradas de dinero por ventas se pueden incrementar o si los costos de mano de obra pueden ser recortados lo suficiente como para pagar el nuevo equipo. Además, no debe haber ninguna pérdida significativa de flexibilidad debido al incremento de los tiempos de preparación. Debido al objetivo pronosticado, el castigo por la pérdida de flexibilidad es más severa en una planta-T que en una planta-A.

### **3.6.3.3. Aplicación de MS en las plantas-T.**

El acercamiento de MS para incrementar el desempeño del negocio en una planta-T es muy diferente al tradicional. El primer problema que enfrentan la mayoría de las plantas-T es el desempeño pobre de las entregas. El segundo incluye niveles excesivos de inventario y la incapacidad de responder rápidamente a un mercado dinámico. Las dos condiciones básicas son esenciales para incrementar el servicio al cliente y reducir el inventario en las plantas-T.

Primero, el flujo de producto a través del sistema debe ser sincronizado. La liberación del material, fabricación de componentes, y el ensamble deben de ir al mismo paso de la demanda. Un requisito crítico para llevar a cabo un flujo sincronizado será la eliminación de la asignación incorrecta de material en los ensambles. Esto también reducirá significativamente el uso de tiempos extra y la cantidad de inventario requerida para soportar el nivel de servicio deseado.

En segundo lugar, los esfuerzos de ingeniería deben de enfocarse en mejorar la eficiencia de operación en aquellos elementos que son más críticos y que afectan al flujo de materiales y a los procesos de ensamble. Esto tendrá como consecuencia un sistema que pueda responder mejor a las necesidades del mercado. Un esfuerzo como este involucra el análisis de la mezcla de materiales más que de cada producto como individual, así como un desarrollo en estrategias de mercadotecnia, ingeniería, manufactura, e inventarios que trabajan en conjunto para mejorar la productividad de toda la planta.

Para implantar un sistema MS, el primer paso es identificar las restricciones. Cabe mencionar que en muchas plantas-T no hay verdaderos cuellos de botella. La existencia de un cuello de botella en una planta-T causará serios problemas en la producción de un gran número de artículos. Este escenario causará que la gerencia tome cualquier acción necesaria para incrementar la capacidad al nivel donde los cuellos de botella se eliminen. Como resultado a esta reacción para tratar los cuellos de botella, algunas plantas-T no tienen siquiera un restricciones en la capacidad de sus recursos. Los problemas para encontrar los requerimientos de entrega no están relacionados con la disponibilidad de capacidad, más bien con la capacidad de la gerencia.

Después de identificar las restricciones que limitan el funcionamiento del sistema, se deben determinar los inventarios de seguridad (buffers). El lugar lógico para establecer los inventarios



de seguridad en una planta-T es en los almacenes de componentes justo antes del ensamble final y antes del proceso de embarque, el cual es el punto de mayor divergencia del flujo. Esto protegerá el "throughput" del sistema de las interrupciones normales que puedan ocurrir en una planta-T.

Las plantas-T se pueden manejar mejor como dos plantas separadas: una planta de ensamble que produce productos terminados, y una planta de fabricación que provee el almacén de componentes. La operación de ensamble debe correr como un proceso más, con procedimientos especiales para evitar asignaciones erróneas de componentes a una orden de producción. Las áreas de no ensamble deben correr como órdenes para inventario. El programa maestro de producción debe satisfacer las necesidades de ambas partes de la planta. La liberación del programa de producción en una planta-T ocurre cuando se libera el materia, las restricciones de capacidad y los ensambles.

### **3.7. KANBAN Y EL SISTEMA "JALAR"**

Como se explicó en el capítulo 1, *contenerización* es la herramienta para la realización del *Justo a Tiempo*. Son tarjetas que permiten optimizar el manejo de materiales, que proveen la información de transporte y movimiento de los materiales indicando el número y nombre de los artículos, así como también libera del control de inventarios por medio de un mantenimiento intensivo.

Un KANBAN es conjunto de tarjetas y contenedores estándar. Cada contenedor requiere de una tarjeta. Las tarjetas contienen tres tipos de información:

1. Información de Tiempos y Cantidades de proceso
2. Información de Identificación y Localización
3. Información Adicional Relevante, como centro de trabajo que lo produce y centro de trabajo que lo solicita

Las tarjetas kanban se utilizan como:

- Identificadores
- Requisiciones
- Orden de Movimiento de Material
- Inventario Físico Diario
- Orden de Producción
- Entrada y Salida de Almacén Virtual (almacenes de contenedores de entradas y salidas)
- Orden Viajera

Para analizar el funcionamiento de un sistema KANBAN utilizaremos la analogía del sistema de "cuerdas" que se usa en las líneas de ensamble en manufactura repetitiva. Cada producto que se produce en una compañía tiene una ruta específica de fabricación, desde la entrada de la materia prima hasta que se obtiene el producto final. Imaginemos por un momento, una cuerda que va desde la entrada de un producto, ya sea materia prima o producto en proceso, a determinada estación de trabajo hasta su ensamble final. Ahora supongamos que cada componente tiene una cuerda que conecta todas las estaciones de trabajo por las que tiene que pasar.

En una línea de ensamble, las cuerdas son cintas transportadoras, las cuales existen físicamente. Pero la utilización de cintas transportadoras no se pueden usar para conectar los distintos recursos en este tipo de manufactura. El manejo de material puede ser una verdadera pesadilla. Por lo tanto, se necesita otro tipo de enfoque. Los japoneses han desarrollado un

concepto al que ellos llaman "cuerdas lógicas", las cuales conectan las distintas estaciones de trabajo y funcionan en los sistemas JIT.

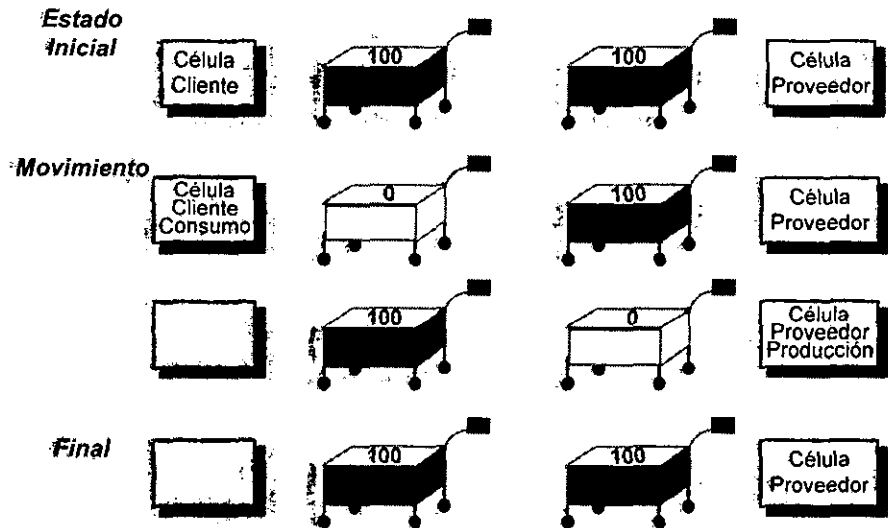
El sistema kanban, desarrollado por primera vez en Toyota, es el mejor sistema de "cuerdas lógicas" que se conoce para los sistemas JIT. En un sistema típico de kanban, el programa maestro de producción para la planta se determina con base en la demanda del mercado. El programa de producción se establece para producir y embarcar diariamente determinada cantidad de cada producto de acuerdo a la demanda del mercado. El promedio proyectado de demanda diaria para cada producto es la cantidad que se programa para producirse ese día. Este programa de producción se establece por un periodo de tiempo fijo, generalmente un mes. Entonces, el ensamble final (o cualquier otra etapa final en el proceso) se programa para satisfacer los requerimientos diarios de producción.

Los sistemas Toyota utilizan un sistema kanban de doble tarjeta. Este sistema consiste en que cada estación de trabajo tiene sus propios contenedores de entrada y contenedores de salida. El contenedor de entrada guarda el material que está listo para procesarse en la estación de trabajo; en el contenedor de salida, el material que ha sido procesado se almacena hasta que es requerido en la siguiente estación de trabajo.

<table border="1"> <tr><td>No. de Tarjeta</td></tr> <tr><td>182</td></tr> </table>	No. de Tarjeta	182	<table border="1"> <tr> <td>ALMACEN L 3 4</td> <td>UBICACION L3 45 53</td> </tr> </table>	ALMACEN L 3 4	UBICACION L3 45 53	<table border="1"> <tr><td>No. de Operación</td></tr> <tr><td>L 1545 K1 L 1818 K2 L 4060 K3</td></tr> </table>	No. de Operación	L 1545 K1 L 1818 K2 L 4060 K3				
No. de Tarjeta												
182												
ALMACEN L 3 4	UBICACION L3 45 53											
No. de Operación												
L 1545 K1 L 1818 K2 L 4060 K3												
<table border="1"> <tr><td>No. de Dibujo</td></tr> <tr><td>92TY-SK2314-BB01</td></tr> </table>	No. de Dibujo	92TY-SK2314-BB01	<table border="1"> <tr><td>No. de Artículo:</td></tr> <tr><td>9 2 5 Y - 5 K</td></tr> </table>	No. de Artículo:	9 2 5 Y - 5 K	<table border="1"> <tr><td>No. de Máquina</td></tr> <tr><td>L 214 L 224</td></tr> </table>	No. de Máquina	L 214 L 224				
No. de Dibujo												
92TY-SK2314-BB01												
No. de Artículo:												
9 2 5 Y - 5 K												
No. de Máquina												
L 214 L 224												
<table border="1"> <tr><td>No. de Herramental</td></tr> <tr><td>92TY-BB02 92TY-BB03 1818-ZB-02</td></tr> </table>	No. de Herramental	92TY-BB02 92TY-BB03 1818-ZB-02	<table border="1"> <tr><td>DESCRIPCION:</td></tr> <tr><td>SUBENSAMBLE</td></tr> <tr><td>Modelo BB c / tramiento X 16</td></tr> </table>	DESCRIPCION:	SUBENSAMBLE	Modelo BB c / tramiento X 16	<table border="1"> <tr><td>No. de Células</td></tr> <tr><td>L2</td></tr> </table>	No. de Células	L2			
No. de Herramental												
92TY-BB02 92TY-BB03 1818-ZB-02												
DESCRIPCION:												
SUBENSAMBLE												
Modelo BB c / tramiento X 16												
No. de Células												
L2												
<table border="1"> <tr><td>Plazo de Entrega (hrs.)</td></tr> <tr><td>5</td></tr> </table>	Plazo de Entrega (hrs.)	5	<table border="1"> <tr><td>UTILIZACION EN:</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>	UTILIZACION EN:					<table border="1"> <tr><td>CANTIDAD DISCRETA</td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>	CANTIDAD DISCRETA		
Plazo de Entrega (hrs.)												
5												
UTILIZACION EN:												
CANTIDAD DISCRETA												
<table border="1"> <tr><td>Hora de Entrega</td></tr> <tr><td>AM      PM</td></tr> </table>	Hora de Entrega	AM      PM	<table border="1"> <tr> <td>Observaciones</td> <td>TIPO DE MARCA X-1 ESPECIAL</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>CAPAC. MAX. DE CONTENEDOR: 50</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>No. de Contenedor 182</td> </tr> </table>	Observaciones	TIPO DE MARCA X-1 ESPECIAL		CAPAC. MAX. DE CONTENEDOR: 50		No. de Contenedor 182	<table border="1"> <tr><td>CANTIDAD ESTANDAR</td></tr> <tr><td>50</td></tr> </table>	CANTIDAD ESTANDAR	50
Hora de Entrega												
AM      PM												
Observaciones	TIPO DE MARCA X-1 ESPECIAL											
	CAPAC. MAX. DE CONTENEDOR: 50											
	No. de Contenedor 182											
CANTIDAD ESTANDAR												
50												

Un ejemplo de una tarjeta Kanban para Mover/Fabricar es el siguiente:

**SISTEMA DE DOBLE CONTENEDOR**



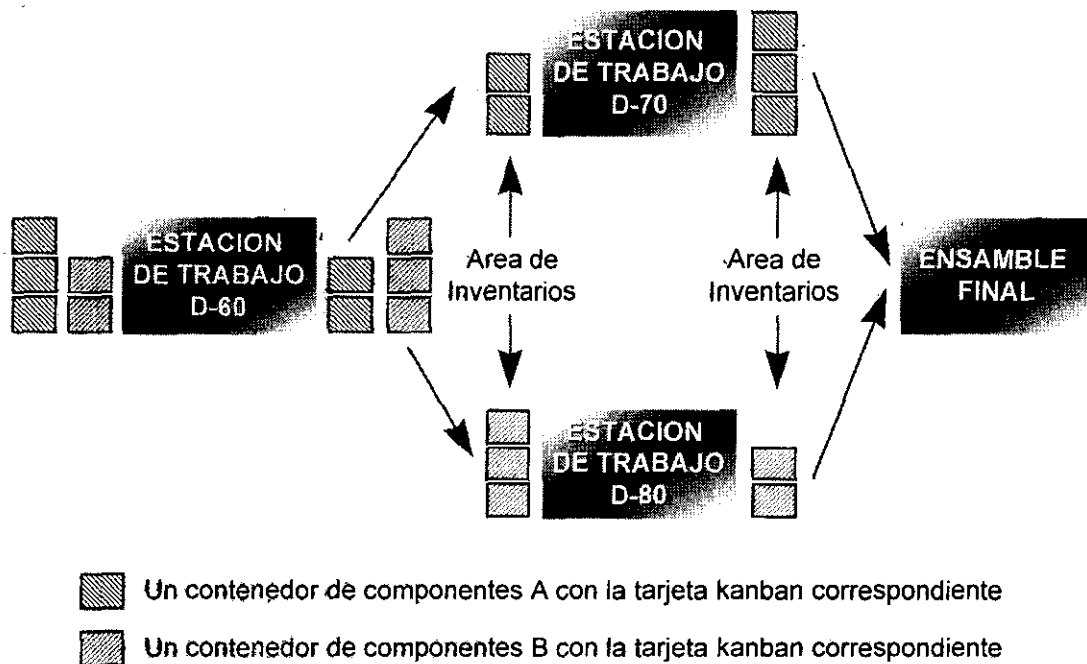
	Cliente	Almacén	Célula
<b>Estado Inicial</b>	0	100	50
	100	0	50
	100	50	0 → Producir
	150	0	50 ←
	150	50	0 → Producir
	200	0	50 ←
<b>Venta por 300</b>	200	50	0 → Producir
<b>Unidades</b>	250	0	50 ←
	250	50	0 → Producir
	300	0	50 ←
	0	50	0
	0	50	50
	0	100	0 → Producir
<b>Estado Final</b>	0	100	50 ←

6 tarjetas producir  
17 tarjetas mover

Al correr el programa de producción, el proceso final consume los artículos de los contenedores de entrada. Así, se manda una señal al proveedor interno (centro de trabajo anterior) para que provea de existencias su contenedor de salida. El sistema Toyota lleva a cabo su proceso mediante el uso de un kanban de traspaso, el cual no es más que una tarjeta que especifica el

requerimiento de materiales, la estación de trabajo de la que proviene y la estación de trabajo que lo recibe.

Conforme se expide el material de los contenedores de salida, un kanban de producción se entrega al personal del centro de trabajo anterior. Este kanban de producción es la orden de producción para los operadores para que fabriquen las piezas y abastezcan de material sus contenedores de salida de los cuales se acaba de tomar el material. Los operadores del centro de trabajo toman el material del contenedor de entrada para procesar y abastecer el de salida, tal y como lo dictan las bases de primeras-entradas, primeras-salidas de los kanbans de producción, (FIFO: first-in, first-out). Conforme los operadores toman el material del contenedor de entrada, se completa un ciclo. La siguiente figura ilustra este proceso para dos componentes (A y B) conforme se mueven a través de las áreas finales del proceso de ensamble.



Este tipo de sistema es un sistema **PULL** ("JALAR"). Sólo se programa el ensamble final, y los materiales se *jalan* a través del sistema sólo como se van necesitando. Si una estación de trabajo no recibe un kanban de producción para fabricar, no se realiza ningún trabajo, aún si existe mucho material disponible y listo a ser procesado. Es evidente que el sistema kanban descrito no es más que un sistema de abastecimiento de materiales. Las "cuerdas lógicas" se usan para notificar a los trabajadores cuándo se necesita pedir material para abastecer los contenedores de entrada y cuándo se necesita procesar material para abastecer los contenedores de salida. De esta manera se elimina todo desperdicio de material.

### 3.7.1. Principios del sistema "PULL"

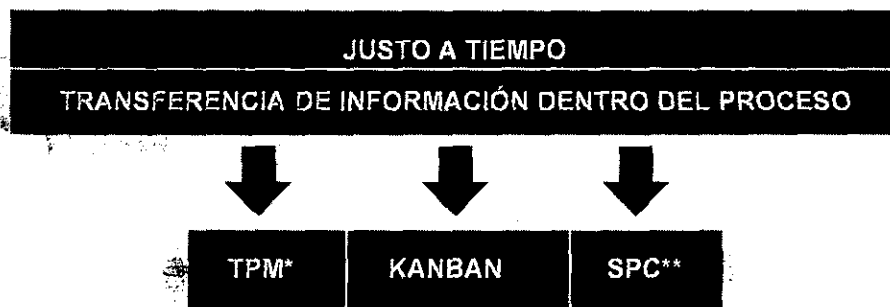
Es un método de control de flujo del producto en proceso por medio del cual se reordena sólo cuando se ha consumido el material, de esta forma se minimizan el número de operaciones y los tiempos requeridos por el proceso, al mismo tiempo que se elimina **TODO DESPERDICIO**.

Así, los principios básicos del sistema PULL son los siguientes:

- Reordenamiento disciplinado basado en el consumo
- Reordenamiento dirigido por las señales de "jalar" emitidas por el cliente (Interno-Externo)
- Reordenamiento con aplicación a partes, componentes, subensambles, productos, información, entrenamiento y servicios
- Reordenamiento enfocado a minimizar existencias de Producto Terminado y Productos en Proceso
- Reordenamiento con exposición visible de problemas y estado de realización
- Reordenamiento con establecimiento formal de sistema de comunicación de necesidades (KANBAN) de proveeduría y/o consumo
- Reordenamiento con mecanismos que generan flexibilidad para cambio de condiciones
- Control de cantidades y flujos de materiales
- Programación simplificada soportada por otras estrategias y herramientas de sincronización

El sistema Pull está considerado como un método de producción que está basado en la introducción del concepto de Flujo Laminar dentro del proceso integral de manufactura, cuidando la igualdad del Lay-out de la maquinaria y del equipo así como la secuencia de operaciones requeridas para la producción de un producto. Por microlotes o unidades discretas (cuando ya se consumieron).

Es un método que se basa en la utilización de herramientas dentro del proceso de manufactura que garanticen el suministro de componentes en TIEMPO, CANTIDAD Y CALIDAD justo cuando se necesitan:



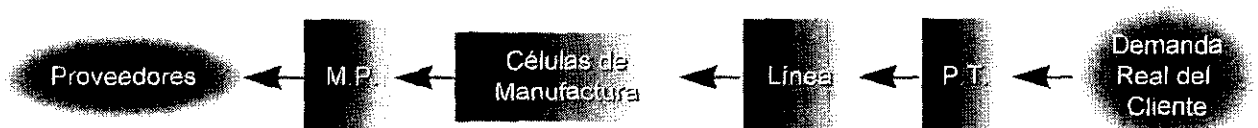
\*TPM = Total Preventive Maintenance

\*\*SPC = Statistic Process Control

### OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS "PULL" (JALAR) vs. "PUSH" (EMPUJAR)

**SISTEMA PULL:** Solicitar al proveedor solamente aquello que se quiera para satisfacer la demanda real del cliente.

**Comprar / Fabricar lo que ya se consumió**



**SISTEMA PUSH:** Recibir del proveedor todo aquello que se quiera para satisfacer la demanda pronosticada del cliente.

**Comprar / Fabricar lo que se consumirá**



### **Funcionamiento del Sistema de PULL**

Los requisitos previos de un sistema PULL son los siguientes:

➤ **Reducción de Distancias:**

- ✓ Operaciones
- ✓ Componentes
- ✓ Movimientos
- ✓ Defectos
- ✓ Tamaños del lote
- ✓ Tiempos de preparación, proceso, inspección y localización de insumos

➤ **Mantenimiento de Maquinaria:**

- ✓ Equipos
- ✓ Herramientas
- ✓ Instalaciones

➤ **Análisis de Demanda vs. Inversión (Previo a formación de células):**

- ✓ Demandas vs. Frecuencias
- ✓ Rutas de Fabricación
- ✓ Tiempos de Entrega
- ✓ Inventario de Equipo
- ✓ Inventario de Habilidades de mano de obra
- ✓ Cambios Necesarios
- ✓ Costos de Cambios Aprobados
- ✓ Beneficios de Reducciones
- ✓ Aprobación de Proyectos

➤ **Análisis de Costos y Variaciones del Proceso:**

- ✓ Fiabilidad
- ✓ Repetitividad
- ✓ Costo Unitario vs. Margen
- ✓ Costo de Problemas
- ✓ Costo de Soluciones
- ✓ Sistema de Planeación de Objetivos

➤ **Formación de Células**

- ✓ Definición del lay-out
- ✓ Definición del Flujo de Carga
- ✓ Obtención de Balance Patrón

- ✓ Implantación
- ✓ Formación de Grupos de Trabajo (aplanamiento)
- **Establecimiento de Sistema de Transporte de Reorden**
  - ✓ Contenerización (contenedores)
  - ✓ Kanban
- **Entrenamiento al Personal**
  - ✓ Contenerización
  - ✓ Kanban / Células de producción
  - ✓ Flujo Laminar
  - ✓ Señales Semáforo
  - ✓ Control Estadístico de Proceso (S.P.C. - Statistical Process Control)
  - ✓ Mantenimiento Preventivo (T.P.M. - Total Preventive Maintenance)
- **Selección, Clasificación y Localización de:**
  - ✓ Herramientas
  - ✓ Componentes
  - ✓ Banco de Prueba

### 3.7.2. Implantación del sistema "PULL"

Un aspecto importante es la maquinaria en secuencia de proceso, es decir, la secuencia de operaciones sobre y dentro de él incluyendo: transporte, movimiento, montaje y proceso.

#### PASOS DE ARRANQUE

- ⇒ Información a clientes
- ⇒ Información a personal
- ⇒ Corrida de prueba para desperdicio
- ⇒ Correcciones detectadas
- ⇒ Corrida de seguridad para desperdicio
- ⇒ Correcciones detectadas
- ⇒ Recepción de órdenes del cliente
- ⇒ Consulta de existencia disponible
- ⇒ Neteo <sup>4</sup> de necesidades
- ⇒ Positivo
- ⇒ Primer lanzamiento del kanban de producción a la célula proveedor
- ⇒ Neteo de necesidades
- ⇒ Positivo
- ⇒ Segundo lanzamiento kanban de producción a la célula proveedor
- ⇒ Neteo de necesidades
- ⇒ Positivo , etc.
- ⇒ Último lanzamiento de tarjeta a proveedores externos
- ⇒ Tarjeta producir / mover y tarjetas comprar / mover
  - Balanceo de línea vs. volumen a producir
  - Definición de número de horas requeridas
  - Definición de hora de inicio y término de orden de fabricación
  - Hacia atrás en el tiempo de acuerdo al plazo de entrega y hasta donde el neteo sea negativo (sincronización).

---

<sup>4</sup> Equilibrio o balanceo de necesidades

Fabricación Bajo Pedido

INFORMACION DE CAMPO DE NECESIDADES

Cliente: X  
Producto: Z

Volúmenes

Frecuencias

de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ (semanales)  
de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ (quincenales)  
de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ (diarias)

Factor de Seguridad: \_\_\_\_

Plazo de X entrega actual

Análisis de Formación de Células

Volumen vs Retorno

DEDICADA COMPARTIDA

Factor de Inversión



1ra. Optimización de (Frecuencia de Pedido)

- Ruta
- Estructura
- Maquinaria / Instalación
- Distribución (Lay-out)
- Herramientas Requeras
- Contenerización
- Almacén-Herramientas

Diseño de Grupo de Trabajo y Entrenamiento Intensivo

Formación de célula inicial (Elementos para la optimización)

Comando de Probes para Eventos Inicial Definido

Corrección de Anomalías de Implantación Inicial

Ordenamiento de Seguridad para Inventario Mínimo Definido y Confirmación de cliente(s) de Cambio de Reordenamiento vs Frecuencias Elegidas

Inicio de Recepción de Pedidos

Sistema Jalar



### 3.7.3. Aplicando los principios de MS

El concepto de kanban funciona porque reconoce, y al menos aplica parcialmente, los principios básicos de MS mencionados a lo largo de este trabajo. A continuación se detallará la forma exacta en que se ejecutan estos principios.

*Principio 1. No enfocarse en balancear las capacidades, enfocarse en sincronizar el flujo.*

Este principio es un aspecto importante en los sistemas kanban. El único programa formal y predeterminado en un sistema kanban es para una operación de ensamble final, el cual se basa en la demanda del mercado. Entonces, el objetivo de un sistema kanban es tratar de mantener el flujo de producto tan estable como sea posible y con un mínimo de interrupciones o imprevistos. En los sistemas JIT de mejora continua, los japoneses tratan de eliminar el inventario y el exceso de capacidad de la operación. Sin embargo, cuando estas medidas ocasionan algún imprevisto en el flujo de producto, los operadores y gerentes tratan de identificar rápidamente la causa del problema e intentan resolverlo perfeccionando el sistema. Si encuentran una solución rápida, entonces reintegran el inventario retirado y restituyen a los trabajadores a su lugar.

*Principio 4. El nivel de utilización de un recurso que no es cuello de botella está controlado por otras restricciones dentro del sistema*

*Principio 5. Los recursos no sólo se deben activar, sino utilizarlos*

Los principios 4 y 5 están estrechamente relacionados con los sistemas JIT. Ya se mencionó que las estaciones de trabajo deben recibir una orden de producción para trabajar (por ejemplo, una tarjeta kanban), de otra forma no se realizará actividad alguna. A esto se refiere el principio 5. Los japoneses activan los recursos sólo para mantener a los operadores ocupados, lo cual tiene como consecuencia altos niveles de inventario que posteriormente se convierten en interrupciones al flujo del producto. Como algunos recursos que no son cuellos de botella tienen exceso de capacidad, algunas veces, dedican todo su tiempo disponible a procesar material. El nivel actual de utilización para los no cuellos de botella se determina por la programación del ensamble final, por el camino en que las tarjetas kanban llegan a las estaciones de trabajo y, por los cuellos de botella en el sistema.

*Principio 6. Un lote de transferencia puede no ser, y algunas veces no debe ser, igual al lote de proceso.*

*Principio 7. Un lote de proceso debe ser variable tanto a lo largo de su ruta como en el tiempo de proceso.*

La filosofía Just-In-Time reconoce ampliamente la importancia de los principios 6 y 7. Con base en el sistema kanban, el lote de transferencia es un contenedor estándar de material, ya que los materiales se mueven en un contenedor a la vez. En cambio, el lote de proceso puede ser de cualquier tamaño, desde un contenedor hasta un gran número de contenedores. Si la estación de trabajo procesa solamente un material siempre bajo las mismas especificaciones, entonces el lote de proceso es prácticamente infinito. Por el contrario, como la orden en la que los kanban de producción llegan a la estación de trabajo determina la orden en la que los contenedores de material son procesados, el lote de proceso puede ser un solo contenedor. En general, el principio 6 es válido en los sistemas kanban. Dado que la llegada de las tarjetas de producción a una determinada estación de trabajo es variable, es fácil darse cuenta la forma en la que los lotes de proceso cambian de un punto en el tiempo a otro. Además, la llegada de los kanban de producción a otras estaciones de trabajo en la línea de producción determina los

tamaños de los lotes de proceso para éstas. Así, en un sistema kanban, el lote de proceso es variable y cambia de manera continua.

### **3.8. DEFINICIÓN DE COSTOS**

El sistema de costos estándar ha sido la base del control de la gerencia y de los procesos de toma de decisiones en las compañías de manufactura durante cuatro décadas. En este sistema, se incluyen procedimientos para calcular el impacto en los costos al momento de realizar cualquier operación o modificación. Por muchos años, el sistema de costos estándar ha sobrevivido como el modo normal de operación. A pesar de sus muchas limitaciones, no se ha encontrado una mejor alternativa.

Sin embargo, la creciente competencia del mercado ha cambiado todo. Actualmente existe conciencia de que el sistema estándar de costos necesita ser examinado detenidamente. Este sistema tiene un número de grietas fundamentales que entorpecen, en vez de ayudar, la administración en su lucha para ser más competitivos. Existen dos problemas principales del sistema de costos estándar:

#### **3.8.1. Costos ABC**

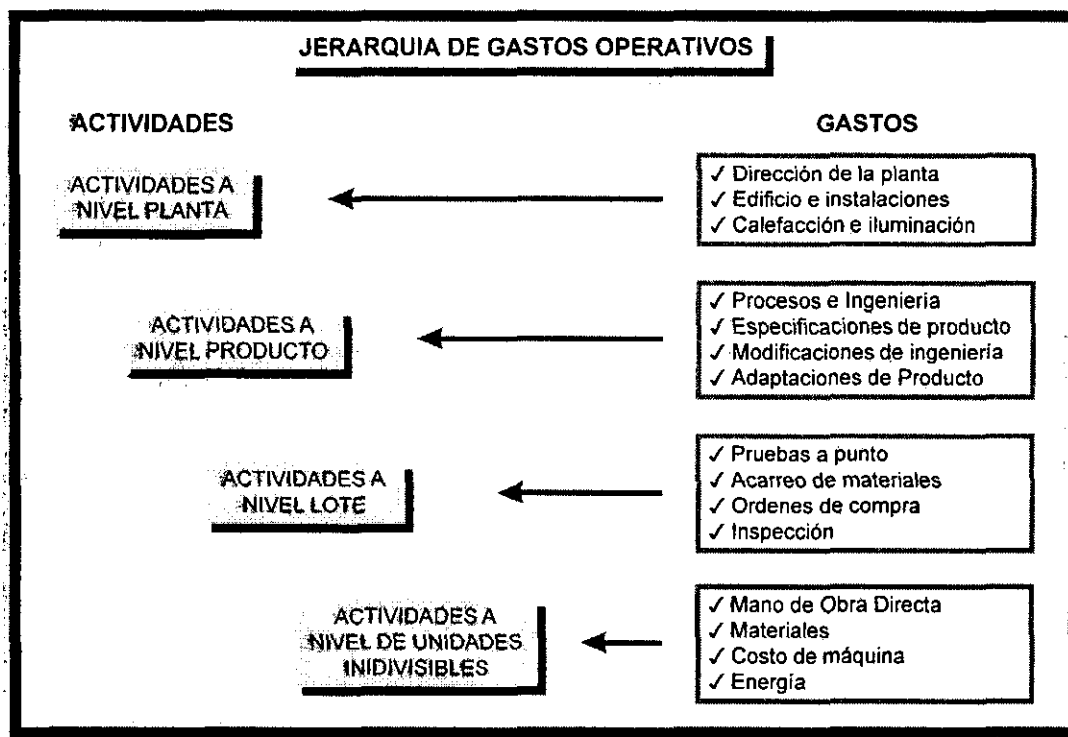
Son una guía para la acción directiva. El enfoque ABC es ampliamente aplicable a todas las áreas funcionales de la empresa.

ABC revela la relación entre llevar a cabo ciertas actividades y el uso que hacen éstas de los recursos de la empresa, por lo tanto es posible dar a la dirección una imagen clara de cómo se generan ingresos y se consumen recursos. La información de rentabilidad que surge de este análisis ayuda a enfocar la atención en mejorar actividades que tienen un mayor impacto en las utilidades. Lo cual se relaciona directamente con la filosofía de Manufactura Sincronizada.

Como todos los conceptos anteriormente descritos involucrados en MS, también se requiere de una ruptura conceptual con los sistemas tradicionales de contabilidad de costos. Se debe evitar la asignación de los gastos a las unidades producidas y, en cambio, separar y asignar los gastos a nivel de actividad que consume cada recurso. Es decir, se deben separar los gastos incurridos para producir ciertas unidades de producto, de los gastos necesarios para fabricar otros productos.

Para descubrir qué acciones aumentarán los márgenes de ventas y reducirán los gastos operativos, es necesario entender los patrones de consumo de recursos a nivel micro. ABC permite partir el negocio en muchas formas diferentes - por producto o grupos de productos semejantes, por cliente individual o grupo de clientes, o por canal de distribución - dándole una vista detallada. También permite definir exactamente qué actividades están asociadas con qué parte del negocio, y cómo intervienen en la generación de ingresos y en el consumo de recursos. Por otro lado, se puede ver claramente qué actividades son las que generan un valor al producto final, lo cual es un fundamento básico de MS.

Al dividir las actividades surge una jerarquía; por ejemplo: actividades en unidades individuales, para un lote completo, para la capacidad general y las instalaciones de manufactura. Esta jerarquía ofrece una forma estructurada en las relaciones entre actividades y los recursos que consumen.



El análisis ABC se utiliza para analizar más aspectos de la operación del negocio. Puede usarse para comparar las utilidades que varios clientes, productos, líneas, marcas o regiones, genera. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Un análisis de marca permite juzgar la rentabilidad de la marca comparando los ingresos derivados de todos los productos de la misma con los gastos asociados con promover, anunciar y mantener la marca en el mercado.
- La rentabilidad de una línea de productos se asocia con los gastos de investigación, desarrollo y anuncio para toda la línea, restando estos gastos al nivel línea de las utilidades derivadas de la misma.
- A fin de medir la rentabilidad de un cliente, se comienza a calcular el margen de contribución de todos los productos vendidos a ese cliente; y después se restan los gastos de mantener a ese cliente (aquéllos que se pueden rastrear hasta los clientes específicos, pero que son independientes del volumen y mezcla de las compras). Entre ellos se incluyen los gastos de viaje y llamadas al cliente, y los de desarrollar y mantener información sobre el mismo.

El análisis ABC ilustra las acciones que en mayor medida tendrán un impacto en las utilidades. Se pueden tomar dos tipos de acción en un análisis así. Primero, intentar subir el precio de aquellos productos que exigen muchos recursos y bajarlo a niveles competitivos para aquéllos que hubieran estado subsidiando a los primeros. Si esta estrategia funciona la empresa debiera llegar a una nueva mezcla de productos que exija menos de sus recursos o genere más ingresos con los mismos recursos.

Segundo y más importante, la Dirección debiera buscar los medios para reducir el consumo de recursos. Esto requiere disminuir el número de veces que se llevan a cabo las actividades para una misma producción o reducir los recursos empleados para producir y servir a la mezcla existente de productos y clientes. Esto pudiera llevar a diseñar productos de usos múltiples con

menos partes, o hacer productos a la medida tan al final del proceso productivo como se pudiera. También pudiera llevar a implementar programas de mejora continua, mejor calidad, reducir puestas a tiempo y mejorar la disposición de planta o adoptar la tecnología de información que facilite el proceso de lotes, productos y órdenes a la medida.

La dirección puede elevar las utilidades llevando a cabo ambos enfoques simultáneamente. El punto es que se deben tomar acciones que permitan capitalizar las señales enviadas por el análisis ABC.

A diferencia de los sistemas contables tradicionales, los sistemas ABC generan información directiva. El ABC a menudo revela picos inesperados de rentabilidad y cráteres de pérdidas en la operación de una empresa. En un sistema bajo la filosofía de MS, se debe usar esta información como guía para mejorar el proceso para fijar los precios, enfocar las transacciones con los clientes, cambiar la mezcla de productos o clientes, o hacer las mismas actividades de forma más eficiente.

Si no se saca provecho de las reducciones en la demanda de recursos de la organización, las mejoras provocarán capacidad ociosa, no aumento en las utilidades. Se podría concluir erróneamente que los gastos operativos eran en efecto fijos, y no variables. Los gastos serían fijos, solamente porque no se tomaran las acciones necesarias para hacerlos variables.

Los costos no son intrínsecamente fijos ni variables. El análisis ABC permite entender las fuentes de variabilidad de los costos y sugiere las acciones a tomarse para reducir las demandas de recursos organizacionales. Al reducir dichas demandas, la dirección puede incrementar la producción de la empresa o reducir sus gastos, para convertir los ahorros en mayores utilidades.

### **3.9. TIEMPOS DE ENTREGA**

La reducción de inventarios no es el único efecto que la empresa bajo la filosofía MS logra al reducir los tiempos de entrega. Debido a que los clientes se benefician por recibir rápidamente sus pedidos, aumenta la participación en el mercado. Los empleados se sienten más satisfechos porque trabajan para una compañía con respuesta más rápida y más exitosa. Aun la calidad se mejora.

Qué tanto sea posible reducir los tiempos de entrega en una compañía depende de lo que ya se haya hecho con anterioridad a este respecto y del grado de adaptación del producto a los diferentes clientes. Entre menor atención se haya prestado a los tiempos de entrega, mayor será la oportunidad de su reducción. Así mismo, entre menor adaptación a los gustos del consumidor implique el producto, mayor será la oportunidad para reducir estos tiempos.

La planta General Electric en Salisbury, Carolina del Norte, es un ejemplo de reducción de tiempos de entrega. Las cajas de interruptores automáticos se producían con un tiempo de entrega al cliente de tres semanas. Al automatizar y simplificar sus operaciones, GE fue capaz de reducir este tiempo a tres días. Los beneficios fueron mayores que los esperados. El tiempo de atraso de la planta se redujo de dos meses a dos días, la productividad aumentó en un promedio de 20% por año, los costos de producción se redujeron 30% y la inversión aumentó 20%.

Otro ejemplo es Motorola, que antes producía uno de sus artículos en tres semanas y ahora lo hace en dos horas. La empresa Brunswick redujo su tiempo de entrega de carretes para pescar de 3 semanas a una semana; y Hewlett-Packard redujo el tiempo de entrega de sus probadores electrónicos, de 4 semanas a 5 días.

### 3.9.1. Cómo Reducir en Forma Significativa los Tiempos de Entrega

Dentro del sistema PULL, la producción se requiere reducir al máximo los plazos de entrega mediante:

- Optimización de tiempos de procesos y equipos
- Minimización de número de operaciones
- Minimización de número de componentes
- Minimización de número de máquinas requeridas
- Eliminación de cualquier desperdicio

Un error común consiste en tratar de reducir dichos plazos simplemente obligando a trabajar más rápidamente. No es trabajando más rápido como se reducen substancialmente los tiempos de entrega.

Existen diversas bibliografías con diferentes procesos para reducir los tiempos de entrega. A continuación se describe uno de ellos.

1. **Hay que identificar y poner por escrito los tiempos de entrega a los clientes actuales.** Este documento es un diagrama de flujo con la anotación de los tiempos para cada actividad. El diagrama deberá reproducir minuciosamente lo que está ocurriendo, no lo que el manual de procedimientos estándar quisiera que ocurriera.
2. **Análisis de la competencia.** Hay que conocer los tiempos de entrega de la competencia nacional y extranjera. Si se obtiene mayor información al respecto, es mejor.
3. **El líder debe establecer una meta.** La meta debe ser algo más que "reduzcamos el tiempo de entrega al cliente, de 5 semanas a 3 días". La meta debe incluir el compromiso de reducir dicho plazo mediante el análisis y la reflexión de los métodos de hacer negocios.
4. **Identifique los cuellos de botella.** El diagrama de flujo que transcribe el tiempo actual de entrega al cliente debe usarse como punto de partida. En este diagrama deben transcribirse las metas de cada actividad. Para asegurar que se cumple con la meta con respecto al plazo final, el resultado de la suma de los tiempos por reducir en cada actividad debe ser menor que la reducción necesaria para cumplir con la meta. Esto es, si la meta es reducir el plazo a tres días, la suma de las metas de cada actividad debe dar un plazo de dos o dos días y medio, pues si no se rebasan las metas en cada una de las actividades, estará en peligro el cumplimiento de la meta general del tiempo de entrega.
5. **Hay que formar equipos multidepartamentales.** Establezca equipos con personas de diferentes departamentos que se aboquen al estudio de actividades específicas. Dé a dichos equipos la autoridad y responsabilidad necesarias para cambiar los métodos, a fin de alcanzar las metas con respecto a los tiempos de entrega. Estos equipos sólo deben existir mientras se requieran para llevar a la práctica las recomendaciones que ellos hagan. Los equipos deben dedicarse a las tareas siguientes:
  - **Simplificación.** Se deben simplificar productos.
  - **Trabajo en equipo.** Deben eliminarse todas las barreras organizacionales internas y externas. Las comunicaciones deben ser claras.

- **Eliminar la incertidumbre.** Todos en la organización deben entender que no hay excusa para demoras. Deben establecerse y cumplirse programaciones bien definidas; y se requieren comportamientos predecibles y disciplinados.

### **3.10. CONTROL VISUAL**

El control visual se refiere a la acción de asegurar y conocer el estado de un proceso, trabajo o producto dentro del mínimo de variación permitido.

Consiste en minimizar las variaciones de un trabajo a través del uso de elementos que sean reconocidos simple y fácilmente por los sentidos: vista, oído, tacto, olfato y sabor.

Los objetivos del control visual son los siguientes:

- Visualizar en el lugar de trabajo todo lo que requiera el empleado para controlar su labor
- Identificación de puntos críticos del proceso y máquina/equipo
- Identificación y localización fácil de materiales y herramientas
- Mantenimiento preventivo bajo Control Visual
- Todos los empleados deben de tener un conocimiento correcto y entendimiento eficiente de las herramientas implantadas de Control Visual
- En una primera visita al lugar de trabajo se debe asegurar que mediante el Control Visual se observe todo lo relevante y todo en su lugar, así como en qué estado se encuentra.
- Responsabilidades, costos, calidad y seguridad debe de desplegarse y ser de fácil acceso mediante una rápida revisión ocular de las herramientas de Control Visual
- La actualización debe ser en el momento, efectuada por el usuario directo y mantenida en un lugar visible

#### **3.10.1. Controles Visuales**

##### **Señales Semáforo**

Se refiere al uso de instrumentos o dispositivos que señalan el estado de la acción:

<b>VERDE</b>	=	Correcto
<b>AMARILLO</b>	=	Preventivo (puede existir algo incorrecto)
<b>ROJO</b>	=	Incorrecto

Su instalación puede ser a través de señales luminosas o papel (tarjetas) de colores. Se pueden utilizar en a máquinas, herramientas, contenedores, personal, documentación, etc.

##### **Tarjetas KANBAN**

Las tarjetas kanban no sólo sirven para *jalar* la producción, sino que además son un efectivo sistema de control de inventarios por medios visuales y directamente por los usuarios de éstos.

Las existencias de materias primas, productos en proceso y producto terminado, así como de herramientas y refacciones se pueden contar diario y hasta por turno en sólo 10 minutos, mejorando substancialmente la administración de materiales y sin uso de computadoras

## Gráficas de Control

Como su nombre lo indica se refiere a gráficas, esquemas, diagramas, etc. que muestran la situación actual en cada paso, operación, máquina, proceso y producto.

Algunos tipos de Gráficas de Control son:

- > Gráficas X - R
- > Flujo gramas de proceso, preparación, movimiento, etc.
- > Diagramas de Pareto, causa-efecto, correlación, etc.

Los cuales reflejan el estado de control, su módulo de cumplimiento y las acciones ejecutadas o por ejecutar.

## Herramientas

### 1. Patrones de comparación

Dispositivos instalados al inicio, durante y/o al final de cada proceso que permiten probar el producto y verificar que cumpla el patrón establecido de acuerdo a las especificaciones y características previamente determinadas.

### 2. Sensores:

Se refiere a equipos de control óptico que permiten automatizar y asegurar el proceso. Algunos tipos son los siguientes:

- |             |               |               |
|-------------|---------------|---------------|
| • Área      | • Movimiento  | • Tiempo      |
| • Posición  | • Proximidad  | • Nivel       |
| • Dimensión | • Presión     | • Tacto       |
| • Vibración | • Contador    | • Composición |
| • Fluidos   | • Temperatura | • Transmisión |

## 3.11. Mantenimiento

En muchas fábricas no se da la debida atención a la tarea del mantenimiento. Se tiene la ingenua idea de que el mantenimiento no añade valor alguno al producto y de que, por tanto, el mejor mantenimiento es aquél que tiene los menores costos. Con esta falsa percepción, las fábricas tradicionales han subestimado el mantenimiento preventivo, correctivo y rutinario; no se han abocado al mantenimiento predictivo; no han dado capacitación adecuada al personal de mantenimiento y tampoco han desarrollado la administración de mantenimiento.

El resultado de esta actitud han sido fallas del proceso de fabricación, impredecibles y en gran cantidad.

El mantenimiento es un requisito del éxito. Sin un mantenimiento efectivo, las máquinas y los sistemas fallan. Cuando esto ocurre:

1. No hay certeza y la incertidumbre pasa a ser la norma. Lo que es contrario al requisito del éxito que dice que debe minimizarse la incertidumbre.
2. No hay equilibrio, lo que es contrario al requisito del éxito en el sentido de que todas las operaciones deben estar equilibradas.
3. Se requieren inventarios, lo que, nuevamente, es contrario al requisito del éxito de que los inventarios deben reducirse.

El mantenimiento pasa a ser una prioridad importante de una empresa con éxito. El mantenimiento de fabricación tiene cinco niveles:

**Nivel**

- I      **Mantenimiento con atención a fallas imprevistas**
- II     **Mantenimiento rutinario**
- III    **Mantenimiento correctivo**
- IV    **Mantenimiento preventivo**
- V      **Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento con atención a fallas imprevistas (nivel I) consiste en reparar el equipo o los sistemas, cuando éstos han fallado. Es un mantenimiento no planeado, indeseable, costoso y que generalmente se puede evitar cuando se trabaja en forma efectiva en los otros niveles de mantenimiento.

El mantenimiento rutinario (nivel II) consiste en dar lubricación, en hacer cambios de piezas y reparaciones proactivas. La lubricación puede hacerse con base en una programación regular. El cambio de piezas tiene lugar, bien sea según un programa regular o con base en el nivel superior de mantenimiento que identifica la necesidad de hacer tales cambios. Se habla de una reparación proactiva cuando la reparación de una máquina o sistema se hace con base en un nivel superior de mantenimiento que determina que si no se hace tal reparación, entonces va a ocurrir una descompostura.

El mantenimiento correctivo (nivel III) consiste en el ajuste o calibración de la máquina o sistema. Este mantenimiento se hace con el propósito de mejorar la calidad o el desempeño de una máquina o sistema. La necesidad del mantenimiento correctivo aparece como resultado del mantenimiento preventivo o predictivo o del control estadístico del proceso.

El mantenimiento preventivo (nivel IV) incluye la inspección periódica, el retirar los desperdicios y hacer los trabajos generales de orden y limpieza. Es un proceso continuo cuyo objetivo consiste en minimizar futuros problemas de mantenimiento, además de:

1. Maximizar la efectividad del equipo
2. Mantenimiento de vida del equipo
3. Disponibilidad de equipo
4. Involucración de todos
5. Autonomía
6. Reducción de costos

El mantenimiento predictivo (nivel V) predice los problemas potenciales percibiendo con los sentidos las operaciones de una máquina o sistema. En este nivel se vigilan las operaciones, se diagnostican tendencias no deseables y se localizan con precisión problemas potenciales. En su forma más simple, un operador, escuchando un cambio de sonido en el equipo o en el sistema, predice un problema potencial que exige mantenimiento correctivo o rutinario. De igual manera, un sistema experto de mantenimiento predictivo puede identificar vibraciones de la máquina.

Un tema importante es determinar quién debe llevar a cabo cada uno de estos niveles de mantenimiento. Es importante infundir en los operadores un sentimiento de propiedad, que los haga sentirse responsables, lo más que sea posible, del mantenimiento de su máquina o sistema. Cuando los trabajadores asumen esta actitud, quieren aprender más acerca de la



operación de la máquina o del sistema, tienen un interés personal en el orden y limpieza, y se sienten responsables del funcionamiento de la máquinas o del sistema.

En las empresas con éxito, los trabajadores mismos se hacen responsables de las operaciones de mantenimiento de los niveles V, IV y III y, en cuanto resulte práctico, del mantenimiento del nivel II. Hasta qué grado esto sea práctico, se determina tomando en consideración la complejidad de las máquinas o sistemas, y la habilidad de los operadores. En este tipo de empresas en que la automatización ha reemplazado a los operadores, se asigna el personal de mantenimiento a sistemas o máquinas específicos, que ellos atienden con sentido de propiedad y a los que dan mantenimiento en los cinco niveles de mantenimiento.

### **3.11.1. Criterios de Mantenimiento.**

Además de transferir muchas de las actividades de mantenimiento a los operadores se debe tomar en cuenta los siguientes criterios de mantenimiento:

1. **Confiabilidad.** Se especifican, instalan y usan máquinas y sistemas más confiables.
2. **Redundancia.** Se provee de sustitución a las máquinas o sistemas críticos a fin de que, si algo falla, se tenga a disposición otra máquina o sistema.
3. **Modularidad.** Se diseñan todas las máquinas o sistemas en forma modular, a fin de que, en caso de falla, se reparen rápidamente.
4. **Obsolescencia.** El reemplazo de máquinas y sistemas se vigila y administra con cuidado.
5. **Personal de mantenimiento.** Se presta especial atención a elevar el nivel de preparación del personal de mantenimiento.
6. **Capacitación y educación en el área de mantenimiento.** Esta preparación se basa en el uso de la computadora, toma en cuenta el adelanto que cada persona en particular puede lograr y se mejora constantemente.
7. **Sistemas expertos.** Las máquinas y sistemas controlados por computadora deben contar con sistemas expertos para tener el mantenimiento predictivo o, al menos, con la capacidad para que se les pueda añadir posteriormente un sistema experto.
8. **Ambiente de trabajo.** Las operaciones se deben llevar a cabo en un ambiente limpio y ordenado con un buen servicio de mantenimiento.
9. **Dirección de mantenimiento.** La calidad de la administración de mantenimiento debe mejorarse en forma significativa debido a que los sistemas de administración de mantenimiento computarizados incluyen todo el departamento de mantenimiento.
10. **Base de datos de mantenimiento.** Las máquinas y los sistemas, al ser instalados, deben quedar completamente documentados. Esta documentación juntamente con la historia de la operación integran la base de datos de mantenimiento que sirve como fundamento para los directivos de esta área.
11. **Almacenes de mantenimiento.** En el almacén de refacciones de la empresa debe haber orden, eficiencia en el uso del espacio y en el trabajo, efectividad y respuesta rápida.
12. **Inventario de mantenimiento.** Debe estar disponible la cantidad suficiente de refacciones para dar apoyo a un mantenimiento efectivo.

**13. Mantenimiento e Ingeniería.** Estos dos departamentos deben trabajar muy estrechamente durante la selección de los sistemas, en su instalación, en su arranque y en la operación, a fin de proveer al departamento de mantenimiento la información de detalle requerida para el mantenimiento de todas las máquinas y sistemas.

**14. La profesión de mantenimiento.** Esta profesión debe ser vista como una tarea clave para el éxito de las operaciones de la empresa.

### **3.11.2. Cómo minimizar las fallas del proceso de producción.**

Existen tres fases del proceso de mejoramiento del mantenimiento:

Fase I: Compromiso de los directivos con respecto al departamento de mantenimiento.

Fase II: Establecimiento de la función de mantenimiento.

Fase III: Administración de la función de mantenimiento.

A menos que la dirección se comprometa con el mantenimiento, no se reducirán las fallas del proceso de fabricación. La fase I del proceso de mejoramiento, la cual es el fundamento para minimizar las fallas en la fabricación, se lleva a cabo mediante los pasos siguientes:

1. Inculque en la alta dirección la importancia del mantenimiento para tener éxito.
2. Obtenga el compromiso de la alta dirección para un mantenimiento efectivo.
3. Comunique a toda la organización este compromiso de la alta dirección con respecto al mantenimiento.
4. Designe a un administrador altamente calificado como jefe responsable de esta área.
5. Ordene que el personal encargado del mantenimiento se involucre activamente durante la planeación, diseño, especificación, selección y puesta en operación, de las máquinas y sistemas.

El jefe responsable del mantenimiento debe actuar sobre la base del compromiso de la dirección con respecto a esta función, siguiendo los pasos correspondientes a la fase II:

1. Ponga por escrito la actual organización de mantenimiento, su personal de apoyo, las instalaciones, el equipo y los procedimientos.
2. Inicie o mejore la actual base de datos de mantenimiento. Esta base debe incluir, para cada máquina o sistema:
  - Identificación
  - Fabricante o Proveedor
  - Capacidad
  - Dibujos y Planos
  - Lista de Partes
  - Especificaciones de Mantenimiento por parte del proveedor
  - Registro de Mantenimiento
3. Evalúe la forma como actualmente funciona el mantenimiento. ¿La gente adecuada está desarrollando el trabajo correcto con el propósito de obtener los resultados correctos? Identifique problemas específicos de mantenimiento. Especifique el tiempo promedio que transcurre entre las fallas del proceso y la duración del tiempo de paro. Establezca cinco niveles de mantenimiento para cada máquina o sistema.

4. Defina qué persona debe llevar a cabo cada nivel de mantenimiento para cada máquina o sistema.
5. Evalúe el personal y las instalaciones con que cuenta para llevar a cabo el mantenimiento establecido en el paso anterior. Identifique los problemas de la preparación de personal y de las instalaciones.
6. Diseñe los programas de capacitación y educación para operadores y personal de mantenimiento. Lleve a cabo estos programas.
7. Planee, diseñe, especifique, compre y ponga en operación el equipo y las instalaciones de mantenimiento.
8. Establezca procedimientos de operaciones estándar que mejoren el mantenimiento para los cinco niveles. Lleve a la práctica dichos procedimientos.

La fase III se refiere a la administración de la función del mantenimiento establecida en la fase anterior.

Los pasos de esta fase son:

1. Mantenga al día la base de datos de mantenimiento.
2. Esté atento a la obsolescencia de la maquinaria y de los sistemas.
3. Participe en la planeación, diseño, especificación, selección y puesta en operación de la nueva maquinaria y de los nuevos sistemas.
4. Proporcione educación y capacitación actualizados a todos los operadores y personal de mantenimiento.
5. Siga los procedimientos de operaciones estándar de mantenimiento.
6. Identifique y resuelva los problemas de mantenimiento.

### **3.12. DESARROLLO DE PROVEEDORES**

Se debe dar el trabajo en equipo con los proveedores, dentro de la organización y con los clientes; lo que se traducirá en un deseo de éxito y de cooperación mutuo. Sin esto, la filosofía de MS no queda completa.

Los administradores creen en el trabajo en equipo, pero desafortunadamente rara vez trasladan su convicción al campo de los hechos. El egoísmo y la creencia de que uno puede triunfar sólo cuando otro pierde, ha centrado la atención en el individualismo exagerado, en políticas absurdas y en actitudes deshonestas en muchas organizaciones. Gente con mucha experiencia en el área de la producción podría llenar un libro completo describiendo a los proveedores que resultaron víctimas de las actitudes anteriores; exponiendo las políticas internas que condujeron a actividades no productivas, las cuales deben eliminarse. La alta dirección debe ordenar y dar el ejemplo que indique claramente:

1. Que el enemigo es la competencia, no los proveedores
2. Que llevar a la práctica una producción exitosa requiere un trabajo en equipo que incluya a todos los proveedores
3. Que las actitudes de animadversión no deben aceptarse y deben eliminarse

A la relación con los proveedores se debe aplicar la regla de oro: tratar a los proveedores de la misma manera como la compañía quisiera ser tratada por sus clientes. Al observar esta regla de oro, las compañías exitosas buscarán relaciones que se basen en lo siguiente:

1. **Amistad.** La actitud entre proveedores y clientes deberá ser de ganancia mutua. Habrá comunicación frecuente a todos los niveles de la organización; así como un flujo de comunicación abierto y honesto entre proveedores y clientes, y así se desarrollará un genuino interés por el negocio del otro.
2. **Pocos proveedores.** Los clientes tratarán con mucho menos proveedores. Éstos tendrán pocos clientes pero de gran volumen de compra; los proveedores certificarán la calidad de sus productos antes del embarque.
3. **Relaciones a largo plazo.** El proveedor y el cliente trabajarán juntos con una visión de largo plazo. Todas las interacciones se harán sin importar la duración de la relación, ya que se supone que ésta no tendrá fin.
4. **Calidad.** Se define la calidad en términos de los requisitos del cliente. La calidad será un asunto solidario y, cuando ocurran problemas, proveedor y cliente trabajarán al unisono para darles solución. Los requisitos serán bien entendidos y se les dará cumplimiento en forma consistente.
5. **Integración.** Los proveedores y clientes se integrarán a través de un sistema común de seguimiento y control de materiales. Los proveedores funcionarán como un centro de producción integrado remoto.
6. **Programación.** Los proveedores y clientes trabajarán en forma conjunta para establecer una programación regular con respecto a la entrega. Los clientes entenderán la importancia que tiene reducir al mínimo la frecuencia de los cambios en la demanda; los proveedores, por su parte, comprenderán la importancia que tiene cumplir con los programas de entrega. Ambos crearán en una producción equilibrada, con bajos inventarios y de flujo continuo.
7. **Proceso de mejoramiento conjunto.** Los proveedores y clientes se comprometerán a ayudarse mutuamente; y tendrán una visión dinámica y consistente de la filosofía de MS.

**O bien hallaremos un camino,  
o bien lo haremos.**

**Aníbal**

## 4. EL ROL ESTRATÉGICO DE MANUFACTURA SINCRONIZADA

### 4.1. EL PAPEL DE MANUFACTURA EN UNA ESTRATEGIA CORPORATIVA

La meta de cualquier firma es obtener una rentabilidad aceptable a sus esfuerzos así como maximizar la utilidad de los accionistas. La función estratégica de operaciones debe ser la de agregar valor a la serie de pasos o procedimientos requeridos por la firma para alcanzar sus metas. Desafortunadamente, las operaciones se han visto como un centro de trabajo más que como un activo estratégico.

El desarrollo de una estrategia de manufactura ha sido visto recientemente como algo tan importante como la estrategia de mercadotecnia o finanzas. Tradicionalmente, el papel de manufactura ha preocupado a la gente de piso y no a los ejecutivos o directores generales. En esencia, la manufactura se ha tratado como un servicio de soporte, no como una pieza importante en el desarrollo de estrategias. Mientras los ejecutivos de mercadotecnia o finanzas hablaban de participación de mercado o retorno de capital, los ejecutivos de manufactura hablaban acerca del porcentaje de utilización del equipo y de las prácticas de control de inventarios.

Una estrategia es una serie de planes y políticas a través de los cuales una compañía intenta ganar ventajas sobre su competencia. Para la organización como un todo, su estrategia debería estar basada en buscar la concordancia entre sus ventajas competitivas (en lo que es bueno, algo por lo que se distingue) con sus tareas principales.

Robert Hayes y Steven Wheelwright listaron cinco características de una estrategia de manufactura <sup>5</sup>:

1. *Horizonte de tiempo.* Generalmente, la palabra estrategia describe actividades que tienen un horizonte de tiempo demasiado amplio, tanto el tiempo que toma llevar a cabo esas actividades como el tiempo que se necesita para percibir el impacto.
2. *Impacto.* Aunque las consecuencias de llevar a cabo una estrategia pueden no ser aparentes en algún tiempo, su impacto a largo plazo puede ser significativo.
3. *Concentración en el esfuerzo.* Una estrategia efectiva usualmente requiere concentración en actividades, esfuerzo o atención en una gran variedad de objetivos específicos. El concentrarse en estos objetivos, automáticamente reduce los recursos disponibles para otras actividades.
4. *Patrón de decisiones.* Aunque algunas compañías toman sólo unas cuantas decisiones importantes para implantar su estrategia, la mayoría de éstas requieren que se tomen una serie de decisiones a lo largo del tiempo. Estas decisiones deben ser congruentes entre sí para seguir un mismo patrón.

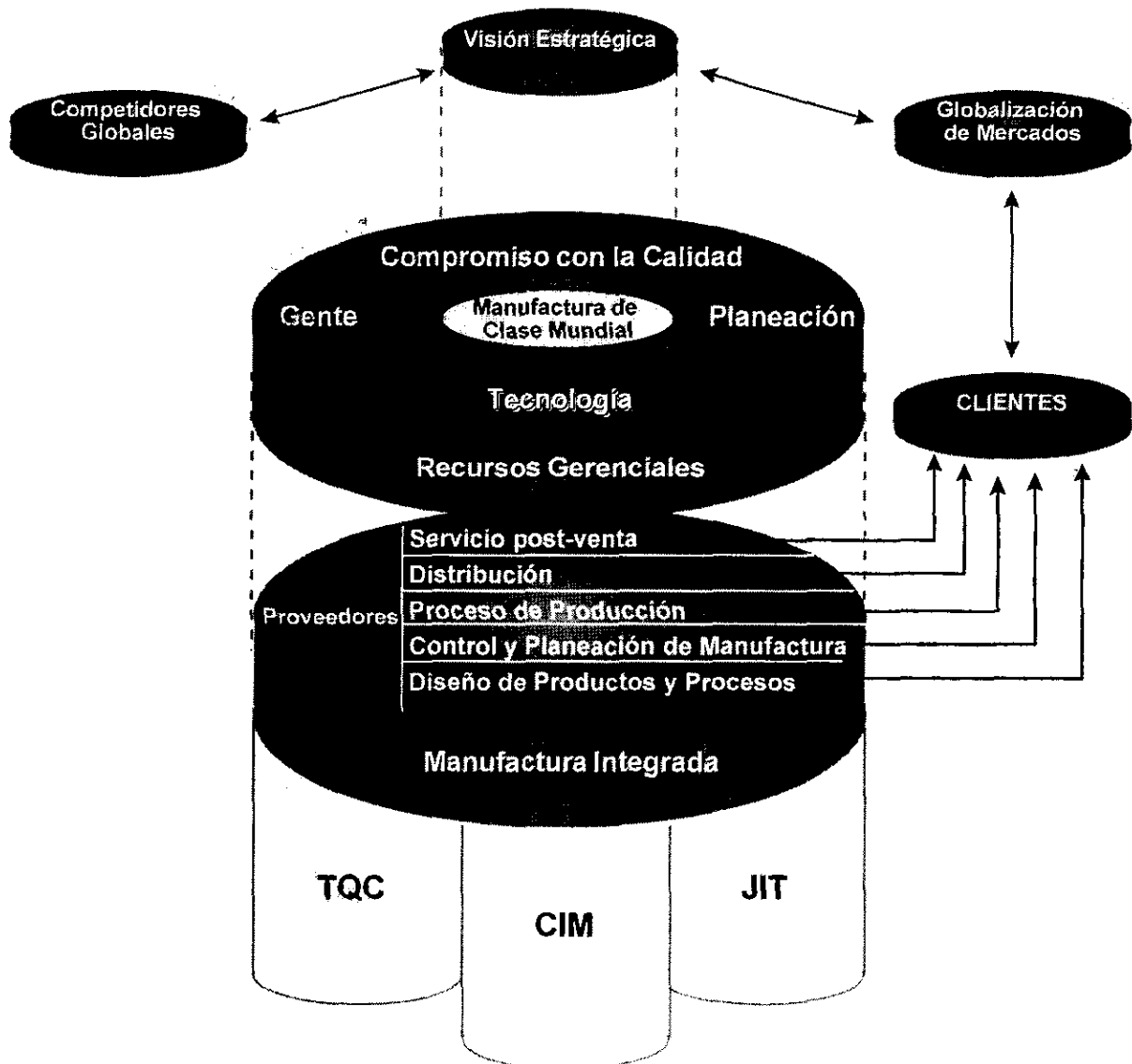
---

<sup>5</sup> Robert H. Hayes y Steven C. Wheelwright, *Restoring Our Competitive Edge: Competing through Manufacturing* (New York: John Wiley & Sons, 1984), pp. 27-28

5. *Percepción.* Una estrategia abarca una gran cantidad de actividades que van desde asignación de recursos hasta las operaciones diarias. Además, esta necesidad de consistencia a través del tiempo en estas actividades requiere que todos los niveles de la organización actúen, casi instintivamente, para reforzar la estrategia.

#### 4.1.1. Una visión estratégica para Manufactura

Una estrategia efectiva de manufactura requiere de ejecutivos que tengan una visión estratégica enfocada a cómo los recursos productivos de la firma se relacionan entre sí y con el entorno. La siguiente figura muestra cómo se entrelazan estos factores.



Como lo muestra la figura, existe una interacción permanente con los cliente y proveedores, así como con los sistemas de Calidad Total (TQC), Manufactura Integrada por Computadora (CIM) y con JIT. En el centro de esta visión hay una perspectiva de sistemas, en la cual la

manufactura consiste en el rango entero de actividades, desde el producto y el diseño de procesos, pasando por planeación y control de la producción, por el mismo proceso de producción, distribución y a través de servicios post-venta. Ninguna actividad se puede llevar a cabo sin afectar otra parte del flujo.

#### **4.1.2 Capacidades de producción como Armas Competitivas**

Una visión estratégica debe reconocer las capacidades específicas de producción que pueden ser utilizadas como armas competitivas. Algunos ejemplos de **capacidades de producción** y algunos conceptos o herramientas utilizadas para soportarlas son:

<u>Capacidades de Producción</u>	<u>Herramientas / Conceptos de Soporte</u>
Alta calidad	Control total de la calidad, diseño de manufactura
Adaptabilidad del sistema de producción	Sistemas de Manufactura Flexible (FMS)
Bajo costo / alto volumen	Sistemas <i>Justa a tiempo</i> (JIT)
Reacción al mercado	Ingeniería Concurrente, FMS, JIT
Servicio superior	Conceptos de Servicio

La forma en que se utilizan cada una de éstas varía. Algunas veces estas capacidades tienen un beneficio específico en mercadotecnia, por ejemplo. Por otro lado, las capacidades de producción tienen implicaciones significativas para la dirección para decidir en qué tipos de mercado entrar. Por ejemplo, Chaparral Steel en Texas utiliza la mejor tecnología de producción para manufacturar 350 productos. Finalmente, las capacidades de algunas compañías recaen en *manufacturar productos de bajo costo en un alto volumen*. Por ejemplo, la planta de General Electric para fabricar lavadora de platos trabaja bajo un sistema JIT. La planta ha adoptado un lema de "utiliza una parte, haz una parte": las máquinas producen partes junto a la línea de ensamble.

#### **4.2 DESARROLLANDO E IMPLEMENTANDO UNA ESTRATEGIA DE MANUFACTURA**

La retroalimentación del cliente acerca de las necesidades de los nuevos productos o de los cambios requeridos se recibe del área de mercadotecnia. La información se analiza para determinar el balance entre los deseos del cliente, tecnología de producción y las capacidades de los procesos. Esta información se alimenta al corporativo para determinar si el producto planeado es consistente con toda la visión estratégica de la firma.

El siguiente paso en el proceso es determinar el proceso de producción apropiado y definir los objetivos y prioridades. Ahí es cuando se deben poner en práctica todas las decisiones estratégicas para la implementación de la misma. Finalmente, la actividad actual de manufactura requerida para producir su producto se debe completar para poder entregar el producto al cliente. Buscando retroalimentación del cliente, un ciclo cerrado de desarrollo de estrategia se forma en el cual la estrategia se actualiza continuamente para conocer las necesidades del cliente.



## 4.2.1 Metodología de Implantación

Manufactura Sincronizada puede producir mejoras rápidas en la mayoría de los ambientes de manufactura ya que proporciona herramientas para identificar y enfocar la meta común de la empresa. Cada programa, cada decisión y cada actividad es evaluada en términos de si contribuye al éxito de la ejecución de la meta común. Para implantar de manera exitosa la filosofía de Manufactura Sincronizada se necesitan tres elementos principalmente:

1. Definir la meta común de forma que pueda ser entendida y llevada a cabo por cada persona que pertenezca a la organización.

MS introduce un nuevo conjunto de medidas operacionales que definen la meta común de hacer dinero, de manera que sean fáciles de identificar y al mismo tiempo signifique algo para cada individuo de la empresa. Estas medidas operacionales son los conceptos previos a "THROUGHPUT" (T), INVENTARIOS (I) y GASTOS DE OPERACIÓN (GO). Estas tres mediciones son universalmente aceptadas debido a que son intrínsecas a cualquier ambiente de manufactura y miden de manera global el *comportamiento de todo un sistema*.

2. Desarrollar una relación 'causal' entre las acciones individuales y la meta común.

Los tres principios universales de MS (T,I,GO) permiten utilizar de manera efectiva las mediciones globales para relacionar acciones específicas de manufactura y llevar a cabo la meta común. Algunos de estos principios pueden ser usados para evaluar las estrategias de mercado y producción en términos del impacto en estos factores. Éstos también pueden ser utilizados para establecer los sistemas de control de material y producción adecuados que son necesarios para mejorar el comportamiento de la empresa con respecto a estas mediciones.

3. Manejar las diferentes acciones para obtener el máximo beneficio.

MS provee los fundamentos que permiten a los Ejecutivos desarrollar e implantar sistemas de control de material y producción adecuados dentro de ambientes complejos de manufactura. Estos fundamentos incluyen procedimientos para identificar y manejar adecuadamente todas las restricciones del sistema y establecer un programa que se enfoca a la mejora continua. Para analizar efectivamente una operación, todas las restricciones organizacionales -- mercado, capacidad, material, distribución, gerencia y comportamiento -- deben ser identificadas. Entonces, con un análisis correctamente enfocado, se pueden desarrollar los procedimientos y políticas designados a proveer la sincronización operativa de la planta. Las políticas y procedimientos actuales que se encuentren en mayor conflicto al mejorar la competitividad organizacional, también se pueden identificar y en última instancia, pueden ser modificadas o eliminadas. La filosofía de MS permite llevar a cero el número de gerentes en aquellas áreas de operación que ofrecen un gran potencial de mejora. Este proceso de mejora centralizada se convierte en una parte vital del programa de mejora continua a través de la organización entera.

# CONCLUSIONES

Los sistemas de medición dentro de una firma pueden ayudar al incremento de los beneficios netos, del retorno de la inversión y del flujo de efectivo. La firma puede cumplir esto si, a nivel operativo, recompensa el desempeño basado en la cantidad de "throughput", inventario y gasto operativo generado. Esto es esencial para el éxito de la firma.

Para controlar el "throughput", el inventario y el gasto operativo, el sistema debe ser analizado para encontrar la existencia de cuellos de botella y las restricciones de capacidad. Sólo entonces la compañía puede proceder a definir el nivel de inventarios para asegurar el "throughput" y las cuerdas para comunicar correctamente la información dentro de sus locaciones, mientras se minimiza el trabajo en proceso en otras partes. Sin este enfoque, los problemas no se diagnostican correctamente y los procedimientos para encontrar soluciones óptimas es imposible de llevar a cabo.

Goldratt define nueve reglas para ayudar a guiar la lógica de un sistema activo y para identificar los puntos importantes de éste. Estas son básicas a cualquier sistema activo.

1. No balancear la capacidad - balancear el flujo
2. El nivel de utilización de un no cuello de botella no se determina por su propio potencial, sino por otra restricción del sistema
3. Utilización de un recurso no es lo mismo que su activación
4. Una hora perdida en un cuello de botella, es una hora perdida de todo el sistema
5. Una hora ahorrada en un no cuello de botella es un espejismo
6. Los cuellos de botella gobiernan tanto el "throughput" como el inventario de un sistema
7. Los lotes de transferencia pueden no ser, y muchas veces no deberían ser iguales a los lotes de proceso
8. Un lote de proceso debe ser variable a lo largo de su ruta de fabricación y a lo largo del tiempo
9. Las prioridades se pueden establecer solamente examinando las restricciones del sistema. El tiempo de entrega se deriva de una programación

La filosofía presentada a lo largo de esta tesis - la importancia vital de concentrarse en las limitaciones del sistema - ha llevado a Goldratt a enfocarse en las limitaciones del sistema y a desarrollar su "Teoría General de Restricciones" de cinco pasos:

1. Identificar las restricciones del sistema
2. Decidir cómo explotar las restricciones del sistema
3. Subordinar todo lo demás a esa decisión
4. Elevar las restricciones del sistema
5. Si en los pasos previos se rompen las restricciones, hay que regresar al paso 1, pero se debe dejar que la inercia se convierta en la restricción del sistema

En este contexto, Goldratt define restricción como todo aquello que limita un sistema para alcanzar un mejor desempeño y lograr el objetivo fijado.

Esta Teoría General de Restricciones lleva a las compañías a encontrar qué es lo que las detiene a moverse hacia sus metas y a encontrar el camino para superar esta limitante. Dentro de un ambiente de manufactura, si la limitante es la capacidad, entonces las formas de romper esta restricción pueden ser tiempo extra, herramientas especializadas, equipo de soporte, operadores excepcionalmente capacitados, subcontratación, rediseño de procesos o productos, rutas alternativas de fabricación, etc. El punto 5 trata de advertir que no se permita abandonar la búsqueda y solución de otras restricciones. Por ejemplo, si una búsqueda y explotación de la restricción ha sido conducida bajo una limitante de costo, hay que asegurarse que esta medida de costo no sea arrastrada en la próxima búsqueda de restricciones. Empieza desde cero siempre.

Por último, la firma debe operar como un sistema sincronizado, con todas sus partes en armonía y apoyándose unas a otras. Mercadotecnia, finanzas, producción e ingeniería (así como todas las áreas funcionales de staff y administración) son necesarias para el sistema y todas deben concentrarse en alcanzar la meta común de la organización a través de su propio papel dentro de la compañía.

**Uno de los rasgos más trágicos que conozco de la naturaleza humana es que todos tendemos a postergar la existencia. Soñamos con alguna mágica roselada más allá del horizonte, en vez de disfrutar de las rosas que florecen ahora ante nuestras ventanas.**

**Dale Carnegie**

## BIBLIOGRAFIA

### La producción exitosa

James A. Tompkins  
Tercera Edición  
McGraw Hill editores  
pp. 184-185

### Production & Operations Management

Chase / Aquilano  
Sexta Edición  
Irwin editores  
pp. 909, 910, 922-925, 956-959

### Synchronous Manufacturing Principles for World Class Excellence

Umble / Srikanth  
APICS  
Consulting Editor James F. Cox  
pp. 54,55, 64, 68, 73, 74, 103-120, 125, 128-131, 210-218, 225-233, 239-247