

**Flujo
Continuo**

Nivelación

Manual de Lean Manufacturing Guía básica

Alberto Villaseñor Contreras
Edber Galindo Cota

**USA
AUTORES**

Villaseñor, Alberto
Manual de Lean Manufacturing. Guía básica / Alberto Villaseñor. -- México : Limusa, 2007.
112 p. : il.; 21 x 27.5 cm
ISBN-13: 978-968-18-6975-5
Rústica
1. Administración de la producción - Manuales 2. Costos de producción - Manuales
I. Galindo, Edber, coaut.

LC: TS155

Dewey: 658.5 - dc21

ESTE LIBRO FUE PUBLICADO CON EL APOYO DEL PROGRAMA EDITORIAL DEL
TECNOLÓGICO DE MONTERREY.

© ALBERTO VILLASEÑOR CONTRERAS / ÉDBER GALINDO COTA , 2007
PROFESORES DEL TECNOLÓGICO DE MONTERREY, CAMPUS SONORA

© COEDICIÓN INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE
MONTERREY / EDITORIAL LIMUSA, S.A. DE C.V., 2007

LA PRESENTACIÓN Y DISPOSICIÓN EN CONJUNTO DE

MANUAL DE LEAN MANUFACTURING. GUÍA BÁSICA

SON PROPIEDAD DEL EDITOR. NINGUNA PARTE DE ESTA OBRA PUEDE SER REPRODUCIDA
O TRANSMITIDA, MEDIANTE NINGÚN SISTEMA O MÉTODO, ELECTRÓNICO O MECÁNICO
(INCLUYENDO EL FOTOCOPIADO, LA GRABACIÓN O CUALQUIER SISTEMA DE RECUPERACIÓN
Y ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN), SIN CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL EDITOR.

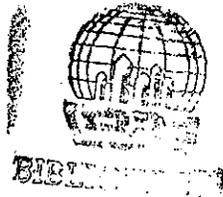
DERECHOS RESERVADOS:

© 2007, EDITORIAL LIMUSA, S.A. DE C.V.
GRUPO NORIEGA EDITORES
BALDERAS 95, MÉXICO, D.F.
C.P. 06040
☎ 51 30 0700
☎ 55 12 2903
✉ limusa@noriega.com.mx
www.noriega.com.mx

CANIEM NÚM. 121

PRIMERA EDICIÓN
HECHO EN MÉXICO
ISBN-13: 978-968-18-6975-5





Contenido

Introducción	9
1. La historia de la Manufactura esbelta	11
1.1 Producción artesanal	11
1.2 Producción en masa	11
1.3 Cómo se desarrolló el Sistema de producción <i>Ford</i>	12
1.4 El nacimiento de la Manufactura esbelta	13
1.5 Desarrollo del Sistema de producción <i>Toyota</i> , el sistema que cambió al mundo	14
1.6 Eventos de la manufactura a través de la historia.	15
2. El Sistema de producción esbelto	19
2.1 ¿Por qué producción esbelta?	19
2.1.1 El principio de la reducción de costos	19
2.2 Valor agregado	20
2.3 Desperdicios	20
2.4 El Sistema de producción <i>Toyota</i> y el Sistema esbelto	23
2.5 Mejoramiento tradicional en el proceso vs. mejoramiento de la Manufactura esbelta.	24
2.6 La "Casa del Sistema de producción <i>Toyota</i> "	26
2.7 Resumen	28
3. Las cuatro categorías de <i>Toyota</i>: resumen de la cultura detrás del Sistema de producción <i>Toyota</i>	29
3.1 Categoría 1: Filosofía a largo plazo	29
3.2 Categoría 2: Los procesos correctos van a producir los resultados correctos	29
3.3 Categoría 3: Agrega valor a la organización por medio del desarrollo de tu gente y tus socios	30
3.4 Categoría 4: Resolver continuamente problemas de raíz impulsa el aprendizaje de la organización	30
3.5 Resumen	31
4. Los tres niveles para la aplicación de la Manufactura esbelta	33
5. Demanda	35
5.1 <i>Takt time</i>	35
5.1.1 Fórmula del <i>takt time</i>	35
5.1.2 Cálculo del <i>takt time</i>	35
5.1.3 <i>Takt time</i> operacional	36
5.2 <i>Pitch</i> (lote controlado)	37
5.2.1 Fórmula del <i>pitch</i>	37
5.2.2 Cálculo del <i>pitch</i>	37

5.2.3 Ventajas de utilizar el <i>pitch</i>	37
5.3 <i>Takt image</i> : visualizando el flujo de una pieza	37
5.4 Inventario amortiguador y de seguridad (<i>Buffer and Safety Inventories</i>)	38
5.5 Supermercado de productos terminados	39
5.6 <i>Andon</i>	40
5.7 Paro del sistema en una posición fija (<i>Fixed Position Stop System</i>)	41
5.8 Mapeo del proceso (<i>Value Stream Mapping</i>)	42
5.8.1 ¿Por qué el mapeo del proceso es una herramienta esencial?	42
5.8.2 Usando el mapeo como una herramienta	43
5.8.3 Pasos de mapeo de procesos	44
5.8.3.1 COMPROMETERSE CON LA MANUFACTURA ESBELTA	44
5.8.3.2 ELEGIR EL PROCESO	44
5.8.3.3 APRENDER ACERCA DE LA MANUFACTURA ESBELTA	45
5.8.3.4 MAPEAR EL ESTADO ACTUAL	45
5.8.3.5 DETERMINAR LOS MEDIBLES DE LA MANUFACTURA ESBELTA	47
5.8.3.6 MAPEAR EL ESTADO FUTURO	47
5.8.3.7 CREAR PLANES KAIZEN	47
5.8.3.8 IMPLEMENTAR LOS PLANES KAIZEN	49
CAPÍTULO 6. Flujo continuo	53
6.1 Flujo continuo	53
6.1.1 Flujo y desperdicio	54
6.2 Células de manufactura	55
6.3 Balanceo de línea	56
6.3.1 Tiempo de ciclo (T/C)	56
6.3.2 Valor agregado (VA)	56
6.3.3 Gráfica del balanceo de operadores (<i>Operator Balance Chart, OBC</i>)	57
6.4 Trabajo estandarizado	58
6.5 Cambios rápidos (<i>SMED</i>)	61
6.5.1 Pasos básicos en el procedimiento de preparación	61
6.5.2 Mejora de la preparación: etapas conceptuales	62
6.5.2.1 ETAPA PRELIMINAR: NO SE DISTINGUEN LAS PREPARACIONES INTERNAS Y EXTERNAS	62
6.5.2.2 PRIMERA ETAPA: SEPARACIÓN DE LA PREPARACIÓN INTERNA Y EXTERNA	62
6.5.2.3 SEGUNDA ETAPA: CONVERSIÓN DE LA PREPARACIÓN INTERNA EN EXTERNA	62
6.5.2.4 TERCERA ETAPA: PERFECCIONAMIENTO DE TODOS LOS ASPECTOS DE LA OPERACIÓN DE PREPARACIÓN	62
6.6 Mantenimiento autónomo	64
6.7 Mantenimiento productivo total. (<i>TPM</i>)	66
6.8 <i>One Piece Flow</i>	70
6.8.1 Cómo lograr la producción con flujo de una pieza	71
6.9 <i>Jidoka</i>	72
6.10 Justo a tiempo	73
6.10.1 Los principios básicos del JIT	73
6.10.2 El sistema <i>Justo a tiempo</i>	73
6.10.3 Procedimiento de introducción	74
6.11 Supermercado de producto en proceso	74

6.12 Sistemas de <i>kanban</i>	75
6.13 Primeras entradas, primeras salidas (<i>FIFO</i>)	78
6.14 5 S	79
6.15 Fábrica y administración visual	81
6.16 <i>Poka yoke</i>	83
6.16.1 ¿Cuáles son los cinco mejores <i>poka yoke</i> ?	84
6.16.2 Las funciones básicas del <i>poka yoke</i>	84
6.16.3 Sugerencias para establecer <i>poka yoke</i>	84
6.16.4 Mecanismos de detección usados en el <i>poka yoke</i>	84
6.16.5 Los ocho principios de mejora básica para el <i>poka yoke</i> y el cero defectos	85
6.17 <i>Kaizen</i>	85
6.17.1 <i>Kaizen</i> en función de la innovación	86
6.17.2 <i>Kaizen-blitz</i>	87
6.18 <i>Hoshin Kanri</i>	88
6.18.1 El <i>Hoshin kanri</i> y el Control total de calidad (CTC)	
7. Nivelación	91
7.1 <i>Heijunka</i> (nivelación de carga)	91
7.2 Caja <i>heijunka</i>	92
7.3 Retiro constante (<i>Paced Withdrawal</i>)	94
7.4 El <i>runner</i>	95
7.5 Medibles de la Manufactura esbelta	97
8. Lean Thinking	99
8.1 Valor	99
8.2 Mapa de valor	100
8.3 Flujo	100
8.4 Jalar	100
8.5 Perfección	101
8.6 El Círculo de la Manufactura esbelta	
9. Evaluación	103
Glosario de términos	107
Referencias bibliográficas	111

Hoy en día, uno de los términos que más se escuchan dentro del ámbito empresarial es *Lean Manufacturing* (LM). Pero, realmente, ¿qué es LM? ¿Cómo se puede aplicar? ¿Quién lo puede aplicar? LM no es una colección de las mejores técnicas de manufactura de las cuales se puede tomar y escoger la que más convenga. Es una filosofía de producción, una manera de conceptualizar el proceso de producción, desde la materia prima o solicitud de compra hasta el producto terminado para satisfacer al cliente final. *Lean* es una forma diferente de pensar sobre cómo hacer negocios (Standard y Davis, 1999; Dennis, 2002).

En el libro *La máquina que cambió el mundo*, Womack y Jones (1996) usan el término "*Lean Production*" para describir la profunda revolución en la manufactura que fue iniciada por el Sistema de producción *Toyota* (SPT). El SPT tiene como propósito principal eliminar, a través de actividades de mejora continua, los desperdicios dentro de la compañía (Monden, 1998; Ohno, 1991).

Para implementar LM en un área de producción, de servicio o diseño, se tienen una serie de pasos ya establecidos que pueden expresarse de diferentes formas, pero todos siguen un mismo fin. El *Value Stream Management* (Administración de la cadena de Valor) es un proceso para planear y ligar las iniciativas de *Lean* a través de la información y el análisis de datos, y consiste en 8 pasos que son: comprometerse con la Manufactura esbelta, elegir el proceso, aprender acerca de la Manufactura esbelta, hacer mapa del estado actual, determinar los medibles, hacer el mapa del estado futuro, crear planes *kaizen* e implementar los planes *kaizen* (Womack y

Jones, 1996; Rother, 2001; Jones y Womack, 2002; Tapping, Luyster y Shuker, 2002).

Otra forma es mediante el Ciclo de mejora estratégica, que es un mecanismo a través del cual la compañía entera implementa una visión y desarrolla un plan, creado por los gerentes, que consta de 4 fases: enfoque, estandarización, adherencia y reflexión (Jackson y Jones, 1996).

En el libro *Toyota Way*, Liker (2004) describe la manera en que *Toyota* implementa LM a través de 14 principios englobados en 4 categorías: filosofía a largo plazo, el proceso correcto debe producir los resultados correctos, agregar valor a la organización por medio del desarrollo de su gente y de sus socios, y, por último, resolver problemas de raíz e impulsar continuamente el aprendizaje de la organización. Se debe recalcar que la gente es quien brinda la vida al sistema: lo trabaja, se comunica, resuelve los problemas y crece en conjunto.

En resumen, LM tiene un proceso de 5 pasos: definir qué es lo que agrega valor al cliente, definir el mapa del proceso, crear el "flujo" continuo, que el consumidor "tome" lo que requiere, y esforzarse por la excelencia (Womack y Jones, 1996).

Para lograr esto dentro de las empresas, se tendrán que usar algunas herramientas y pasos o metodologías, pero sobre todo, deberá enfocarse en el cambio de actitud, no sólo de la gente en piso, sino en los gerentes, supervisores, etcétera, que son el pilar de todo este cambio.

Por lo anterior, se puede decir que el objetivo principal de este libro es proporcionar un modelo para la implementación del pensamiento *Lean* en las empresas.

1. La historia de la Manufactura esbelta

1.1 Producción artesanal

En 1900, si usted deseaba, por ejemplo, un auto, debía visitar una fábrica de los productores artesanales de su área. El dueño de la fábrica, usualmente un artesano (empresario) que sabía cómo reparar y construir un auto, tomaba sus especificaciones y necesidades. Muchos meses después, usted tenía su carro, pero requería probarlo acompañado de un mecánico, quien debía modificarlo de acuerdo con las indicaciones que usted le diera. El carro era único en su especie y el costo era demasiado alto, pero usted quedaba satisfecho con el trato directo con los fabricantes y su equipo (Dennis, 2002).

La producción artesanal tiene las siguientes características:

- Fuerza de trabajo formada por artesanos con habilidades en el diseño, en la maquinaria y en el ensamble.
- Organización descentralizada. Pequeña fábrica que provee la mayoría de las partes. El dueño/comerciante coordina el proceso en contacto directo con los contratistas, trabajadores y clientes.
- Maquinaria de uso general, empleada para cortar, perforar, triturar partes.
- Bajos volúmenes de producción y altos precios.

La producción artesanal continúa sobreviviendo en pequeños nichos, usualmente en productos de lujo. Por ejemplo, compañías como *Lamborghini*, *Ferrari* y *Aston Martin* continúan produciendo pequeños volúmenes de carros muy especiales y a precios altos a un grupo de compradores que buscan prestigio y la oportunidad de tratar directamente con la fábrica.

Lo anterior nos da una idea de lo que fue la era dorada de la producción artesanal, en donde los artesanos contaban y las compañías les brindaban atención personal a los clientes. Pero tenía sus grandes desventajas:

- Sólo los ricos podían comprar un producto.
- La calidad era impredecible: cada producto era esencialmente un prototipo.

- Las actividades de mejoramiento no son completamente compartidas.

Henry Ford y Fred Winslow Taylor trabajaron sobre las desventajas de la producción artesanal, lo cual daría inicio a otro fenómeno en los sistemas de producción, que es la fabricación o producción en masa.

1.2 Producción en masa

Fred Winslow Taylor, un gerente de fundición en Filadelfia, convirtió el proceso de fundición a la producción en masa. Fue el primero que aplicó sistemáticamente los principios científicos a la manufactura. Su texto histórico, *The Principles of Scientific Management*, se convirtió en un clásico.

El sistema artesanal era sumamente empírico, es decir, dependía mucho de la experiencia de los artesanos, así que, mediante la pura observación, Taylor identificó "el mejor camino" para hacer el trabajo basado en principios científicos, y, de esta forma, inventó la ingeniería industrial (Dennis, 2002).

El sistema de Taylor está basado en la planeación separada de la producción. Los ingenieros industriales, a través de nuevas técnicas, como el estudio de tiempos y movimientos, encontraban la mejor manera de hacer el trabajo, dejando que la fuerza laboral hiciera ciclos cortos de operaciones repetitivas.

El *taylorismo*, una palabra negativa para algunos, sinónimo de trabajo deshumanizado para otros, logró muchas innovaciones como las siguientes:

- Trabajo estandarizado. Identificaba la mejor y más fácil manera de hacer el trabajo.
- Reducción del ciclo de tiempo que llevaba hacer un proceso.
- Estudio de tiempos y movimientos, una herramienta desarrollada para estandarizar el trabajo.
- Medición y análisis para el mejoramiento continuo de los procesos (un prototipo de lo que es el ciclo de Planear-Hacer-Revisar-Actuar).

1.3 Cómo se desarrolló el Sistema de producción *Ford*

Los inicios de la Manufactura esbelta no se centran solamente en *Toyota*; Henry Ford tuvo una parte importante dentro de todo este proceso.

Siendo un joven empresario, Henry Ford estaba tratando de diseñar un automóvil que fuera fácil de producir y sencillo de reparar. Finalmente, logró su cometido al hacer su Modelo T en 1908. La clave de la producción en masa no era sólo ensamblar en línea, sino que, a través de las partes intercambiables y de fácil ensamble, la línea de ensamble se hiciera posible. Para lograr la intercambiabilidad, Ford estandarizó las piezas usadas a través de sus operaciones, mediante innovaciones en las herramientas de los equipos que le permitían maquinar partes (Dennis, 2002).

Una vez estandarizadas las partes, cambiar la manera de diseñar automóviles fue el siguiente paso. Ford disminuyó el número de partes que se movían en los motores y otros sistemas críticos, además de simplificar el proceso de ensamble. Esta innovación provocó grandes ahorros, debido a la necesidad de partes que se ensamblaban, ya que esto era algo muy costoso en la producción artesanal, porque las partes eran hechas para usarse una sola vez. Al mismo tiempo, Ford alcanzó otras de sus metas: lograr que se usaran y se repararan fácilmente.

El siguiente problema era cómo coordinar el ensamble. Esto implicaba una secuencia de acciones dependientes. Al terminar las actividades dentro de la estación de trabajo, el vehículo debía ser pasado a la siguiente estación y, como el proceso no estaba balanceado, los cuellos de botella y otros problemas eran comunes cuando los trabajadores hábiles sobrepasaban a los lentos. Para reducir este problema, Ford comenzó entregando las partes en las áreas de trabajo, y, entonces, disminuyó el tiempo perdido por caminar. Siguiendo la guía de Taylor, disminuyó el número de actividades que cada trabajador requería para hacer su trabajo. El tiempo de ciclo, el cual tenía medido en horas en 1908, bajó a unos minutos en 1913, en su nueva fábrica de Highland.

Inspirado, tuvo la idea de traer los carros a las estaciones de trabajo, lo cual disminuiría el tiempo que se perdía caminando, y lo más importante, se crearía

una secuencia en el proceso. Entonces, los trabajadores lentos subirían su ritmo y los rápidos lo bajarían, logrando la estabilidad del proceso que tanto había buscado. Así creó la línea de producción.

En resumen, los principios innovadores de Ford durante este periodo fueron:

- Producción de partes intercambiables y de fácil ensamble.
- Reducción de las acciones requeridas por cada trabajador.
- Traslado de los carros hacia las estaciones de trabajo, creando la línea de ensamble.

Se puede decir que, sin lugar a dudas, Henry Ford fue el primero que realmente pensó esbeltamente (*lean thinker*) (Womack y Jones, 1996). En su fábrica de Highland (creada en 1913), Ford contaba con una línea para fabricar las partes en secuencia, separada por pequeños espacios, con pocas piezas de inventario en proceso. Lo que hoy en día hace *Toyota* en sus plantas, Henry Ford lo hacía en su fábrica hace ya casi 100 años.

El problema con el sistema de Henry Ford es que éste trabaja adecuadamente en condiciones muy especiales. Ford lo planeó todo desde el inicio, enfocándose en que la producción sería para volúmenes muy altos (buscaba producir más de dos millones de unidades a principios de 1920, ya que tenía que cubrir la demanda de todo el mundo) y presumía que no necesitaba cambiar su producción a ningún otro modelo. Después de todo, él había diseñado el auto ideal en 1908 (el Modelo T). Adicionalmente, Ford no ofrecía opciones distintas a su chasis básico, creyendo que el bajo costo del carro, abrumaría al comprador primerizo, quien no pensaría en otras características del automóvil. Como resultado, no se hicieron cambios en las máquinas de la compañía *Ford*. Cada equipo permanecería dedicado a un número de parte específico.

Al pasar los años, se ha notado que todos los principios del Sistema de producción *Ford* son completamente consistentes con el Sistema de producción *Toyota*.

A pesar de que *Ford* ha realizado un *benchmarking* a *Toyota* y ha contratado a algunos de los mejores expertos en el Sistema de producción *Toyota*, no

ha logrado obtener las mejoras esperadas, ya que requiere crear su propia versión de un sistema de Manufactura esbelta.

Para ello, se ha trabajado para tener un cambio en la filosofía del Sistema de producción *Ford*. En el pasado, se tenía que "producir el número de unidades programadas cada día al más bajo costo en la planta con la más alta calidad". Los términos clave aquí son *programación* y *el más bajo costo en la planta*. Bajo este viejo paradigma, *Ford* (y otros) creían que si usaban suficientes sistemas computacionales, un *staff* central podría programar todas las actividades de ensamble, estampado, pintura, así como las partes que les surtía el proveedor; y, de este modo, todo estaría bien. Pero innumerables hechos inesperados (tiempos caídos de maquinaria, partes defectuosas, problemas con los proveedores y muchos más) provocaron que las plantas nunca hicieran lo que estaba programado exactamente. En su lugar, los gerentes de las plantas terminaban reuniéndose todas las mañanas para ver con cuáles partes contaban en el inventario, qué máquinas deberían correr y qué fabricarían en el día. Éste es el destino de un sistema que empuja (Liker, 1998).

En tanto, la administración de *Ford* se enfocó en controlar los costos de la planta, lo cual significaba trabajo y gastos generales. A los gerentes de planta se les encargaba, año tras año, reducir los costos disminuyendo el trabajo y los gastos generales, lo que es, en realidad, solamente un elemento del costo total.

Después de mucho trabajo y la ruptura de varios paradigmas, se desarrolló una nueva misión y visión del Sistema de producción *Ford* que, parafraseado, se caracteriza por lo siguiente.

Es un Sistema de producción esbelto, común, disciplinado y flexible, el cual se define por una serie de principios y procesos que se llevan a cabo por medio de un equipo de gente capaz y facultado, quienes aprenden y trabajan juntos, en un ambiente de seguridad, para producir y entregar productos que, consistentemente, excedan las expectativas del cliente en calidad, costo y tiempo.

Hoy en la compañía *Ford* se sigue trabajando día a día para mejorar el sistema que ya era esbelto desde

un inicio, y que se perdió por producir en grandes volúmenes y tener grandes inventarios en los años que siguieron a la Segunda Guerra Mundial, cuando las compañías americanas eran las únicas que dominaban los mercados.

1.4 El nacimiento de la Manufactura esbelta

La historia inicia con Sakichi Toyoda, visionario e inventor, parecido a Henry Ford. En 1894, Toyoda inició la fabricación de telares manuales, los cuales eran baratos pero requerían de mucho trabajo. Su deseo era crear una máquina que pudiera tejer la tela, y esto lo llevó a hacer muchos experimentos con los que, intentando una y otra vez, logró conseguir lo que quería. Realizando este trabajo, de prueba y error, generó la base del *Toyota Way*, el *genchi genbutsu* (Ir/Observar/Entender). Más tarde, fundó la compañía *Toyoda Automatic Loom Works*, empresa que aún forma parte del corporativo *Toyota* hoy en día, (2004).

Uno de sus inventos fue un mecanismo especial que detenía de manera automática el telar cuando un hilo se trozaba, invento que se convertiría en uno de los pilares del Sistema de producción *Toyota*, llamado *jidoka* (automatización con toque humano).

Después de vender la patente de la máquina a una compañía inglesa, en 1930 Sakichi y su hijo iniciaron la construcción de *Toyota Motor Company*. Sakichi, más que hacer dinero con la compañía, deseaba que su hijo, Kiichiro, dejara una huella en la industria mundial, tal como él lo había hecho con sus máquinas de hilar. Kiichiro, después de estudiar en la prestigiosa Universidad Imperial de Tokio la carrera de ingeniería mecánica, siguió los pasos de su padre: aprender haciéndolo por sí mismo en el piso de producción.

Kiichiro construyó *Toyota* con la filosofía de su padre, pero agregó sus propias innovaciones. Por ejemplo, la técnica *justo a tiempo* (*Just in time, JIT*), que fue su contribución. Sus ideas fueron influidas por sus visitas a la planta *Ford* en Michigan, así como el sistema de supermercados americanos para surtir los productos en los estantes *justo a tiempo*, conforme los utilizaban los operadores en la línea de producción. Como se sabe, éstas fueron las bases del *kanban*.

Después de la Segunda Guerra Mundial, en la que Japón perdió y Estados Unidos ocupó ese país, Kiichiro pensó que cerrarían su planta, pero los americanos necesitaban camiones para reconstruir el país. La economía se mejoró durante la ocupación, pero la inflación impedía que los clientes compraran un carro. Esto provocó que se les recortara el sueldo a los empleados en un 10 por ciento, lo cual fue parte de la negociación con el sindicato, con el fin de mantener la política de Kiichiro en contra del despido de empleados.

Pero debido a la bancarrota y a las peticiones de retiros voluntarios hechas a los empleados, Kiichiro aceptó su responsabilidad por haber fallado en la compañía automotriz y se reasignó como presidente, aunque los problemas estuvieran fuera de su alcance. Su sacrificio personal ayudó a calmar el descontento de los trabajadores, además de que tuvo un profundo impacto en la historia de *Toyota*: todos en la compañía saben lo que hizo y por qué. La filosofía de *Toyota* hasta estos días es pensar más allá de los beneficios individuales; es pensar a largo plazo por el bien de la compañía, así como tomar la responsabilidad de los problemas. Kiichiro predicó con el ejemplo.

Pero fue Eiji Toyoda, sobrino de Sakichi y primo de Kiichiro, quien terminó de construir la compañía. También estudió ingeniería mecánica en la Universidad Imperial de Tokio. Eiji creció creyendo que la única manera de hacer las cosas es haciéndolas por sí mismo. Con el tiempo, se volvió el presidente de la compañía. Eiji jugó un papel clave en la selección y el empoderamiento de los líderes que conformarían el sector de ventas, manufactura, desarrollo

de productos y, lo más importante, del Sistema de producción *Toyota*.

En *Toyota* siempre se ha pensado en cómo enseñar y reforzar el sistema que llevó a los fundadores de la compañía a trabajar, para verdaderamente innovar y pensar profundamente acerca de los factores actuales que constituyen los problemas. Este es el legado de la familia Toyoda.

1.5 Desarrollo del Sistema de producción *Toyota*, el sistema que cambió al mundo

Eiji Toyoda regresó de un viaje por los Estados Unidos, en donde, en lugar de regresar impresionado con los sistemas de producción, veía áreas de oportunidad dentro de los procesos, y, entonces, llamó a su oficina a Taiichi Ohno. Calmadamente, le asignó a Taiichi una nueva actividad: mejorar el proceso de manufactura de *Toyota* hasta igualarlo con la productividad de *Ford*. Según los paradigmas de la producción en masa de esos días, eso era casi imposible para la pequeña *Toyota*.

En la tabla inferior, podemos ver las diferencias que tenían los dos sistemas en 1950.

Toyota requería adaptar el proceso de manufactura de *Ford* a sus propios procesos para llegar a obtener una alta calidad, bajos costos, tiempos de entrega cortos y flexibilidad.

Afortunadamente para Ohno, la tarea que Eiji le había asignado no significaba competir con *Ford*. Él sólo le pidió que se enfocara en el mejoramiento de los procesos de *Toyota* dentro del mercado japonés.

Ford	Toyota
Estaba diseñado para producir grandes cantidades de un número limitado de modelos.	Necesitaba producir volúmenes bajos de diferentes modelos usando la misma línea de ensamble, porque era lo que demandaba el consumidor en su mercado de autos. Los niveles de demanda eran muy bajos, como para tener una línea exclusiva para cada modelo.
Tenía mucho capital y muchos recursos económicos, así como un mercado internacional y nacional que cubrir.	No tenía dinero y tenía que operar en un país pequeño, con pocos recursos y capital. Necesita hacer girar el dinero rápidamente (desde recibir la orden hasta el cobro).
Tenía una cadena de suministros completa.	No contaba con una cadena de suministros.

TABLA 1.1. *Ford vs. Toyota* en 1950.

Entonces, Ohno hizo *benchmarking* de las plantas de Estados Unidos y también estudió el libro *Today and Tomorrow* de Henry Ford. Después de todo, uno de los puntos que Ohno creía que *Toyota* necesitaba era un flujo continuo, y el mejor ejemplo que había en ese entonces era la línea de ensamble de *Ford*.

Toyota no contaba con la capacidad para ensamblar esa cantidad de autos ni un mercado igual al de Estados Unidos como para tener una línea de ensamble como la de *Ford* en Highland Park, pero sin lugar a dudas, estaban decididos a usar la idea original de *Ford* sobre el flujo continuo de los materiales entre los procesos y desarrollar un sistema con el flujo de una pieza entre estaciones, que les permitiera ser lo suficientemente flexibles como para cambiar conforme a la demanda del consumidor y, además, ser eficientes.

Junto con las lecciones de Henry Ford, el Sistema de producción *Toyota* tomó prestadas muchas ideas de Estados Unidos. Una muy importante fue el concepto del "sistema jalar", el cual fue retomado de los supermercados en Norteamérica. En cualquier supermercado, los artículos individuales se surten conforme estos disminuyen su número dentro del estante, según como la gente los va consumiendo. Aplicar esto en el piso de producción significa que, dentro del proceso no se debe hacer nada (abastecerlo) hasta que el próximo proceso use lo que originalmente había surtido (hasta bajar a una pequeña cantidad "inventario de seguridad"). En el Sistema de producción *Toyota*, cuando el inventario de seguridad está en su nivel mínimo, entonces se manda una señal para resurtir las partes (esto es mejor conocido como *kanban*). Lo anterior crea un "jalón", el cual continúa en cascada hacia atrás para iniciar con el ciclo de manufactura. Sin el sistema *jalar*, el *justo a tiempo* (JIT), uno de los dos pilares del Sistema de producción *Toyota*, no sería posible (el otro es el *jido-ka*, hacerlo con calidad).

Toyota también tomó las enseñanzas del pionero americano de la calidad, W. Edwards Deming, quien consideraba que sólo había dos tipos de clientes: los externos y los internos. Cada persona dentro de la línea de producción, o en los negocios, debería ser tratada como "cliente" y eso implicaba darle lo que exactamente necesitaba, en el tiempo que lo reque-

ría. Esto fue el origen del principio de Deming, "el siguiente proceso es el cliente". Esto se volvió una expresión importante en el JIT.

Deming alentó a los japoneses a que adoptaran el sistema para la resolución de problemas, que más tarde se convertiría en el Ciclo de Deming o el Ciclo de Planear-Hacer-Revisar-Actuar (PDCA, por sus siglas en inglés), como piedra angular del mejoramiento continuo. El término japonés para el mejoramiento continuo con base en la generación e implementación de ideas es *kaizen*, el cual ayuda alcanzar la meta de "*Lean*", que es eliminar todos los desperdicios en el proceso. *Kaizen* es una filosofía completa que lucha por la perfección y mantener el Sistema de producción *Toyota*.

Para los años sesenta, el Sistema de producción *Toyota* era una filosofía muy poderosa que todo negocio debería aprender. *Toyota* dio los primeros pasos para esparcir sus principios a sus proveedores clave. Cuando, en 1973, se tuvo la primera crisis petrolera, *Toyota* sobresalía de las demás compañías, y, viendo esto, el gobierno japonés trató de copiar el sistema de *Toyota* para pasarlo a las demás empresas. Con este fin, inició la impartición de seminarios a todas las empresas, aunque éstas sólo entendían una fracción de lo que *Toyota* estaba haciendo.

Lo anterior es sólo una parte de lo que ha hecho *Toyota* para ser lo que hoy en día es. No fue sino hasta 1990 cuando el término de "producción esbelta" fue inventado, dentro del libro *The Machine That Changed The World (La máquina que cambió el mundo)*.

1.6 Eventos de la manufactura a través de la historia

Para llegar a lo que la Manufactura esbelta es hoy en día, han sucedido una gran cantidad de eventos. *Toyota* no descubrió el hilo negro; simplemente supo coordinar, unir y trabajar ciertas metodologías y técnicas de una forma disciplinada, con el fin de disminuir los desperdicios dentro de su proceso productivo. Además, basándose en el trabajo duro y el esfuerzo de la mejora continua día con día, logró crear el Sistema de producción *Toyota*, que es lo que realmente hace grande a la empresa.

En la siguiente tabla, se mencionan los eventos de manufactura que, de una u otra manera, han influido en el sistema que cambió al mundo:

Fecha	Evento
4000 A.C.	Los egipcios coordinan proyectos a gran escala para construir pirámides.
1500 D.C.	Leonardo da Vinci hace estudios sobre las fuerzas mecánicas.
1733	John Kay inventa un dispositivo volador (lanzadera) que aumenta la eficacia del telar y posibilita la fabricación de tejidos más anchos.
1765	James Hargreaves inventa la máquina de hilar.
1765	James Watt inventa la máquina de vapor.
1776	Adam Smith publica <i>Wealth of Nations</i> , introduciendo la noción sobre la división del trabajo y la invisible mano del capitalismo.
1776	James Watt vende su primera máquina de vapor.
1781	James Watt inventa el sistema para producir el movimiento rotacional para subir y bajar de la máquina de vapor.
1793	Primera máquina textil en América establecida en Pawtucket, RI.
1801	Eli Whitney es contratado por el gobierno de Estados Unidos para producir mosquetes, usando un sistema de partes intercambiables.
1814	Se estableció un complejo textil en Waltham, Wa.
1832	Charles Babbage publicó <i>On the Economy of Machinery and Manufactures</i> , lidiando con las organizaciones y costos producidos por las fábricas.
1854	Daniel C. McCallum desarrolló e implementó el primer sistema administrativo a gran escala en una organización en Nueva York y en el Erie Railroad.
1870	Marshall Field hace uso de las vueltas del inventario como medible de las ventas al por menor.
1894	Sakichi Toyoda inventa una máquina para hilar.
1908	Henry Ford hace el Modelo T.
1908	Frederick Taylor publica su texto <i>The Principles of Scientific Management</i> .
1913	Henry Ford introduce la primera línea de ensamble automotriz en Highland Park, MI.
1913	Ford W. Harris publica el artículo " <i>How Many Parts to Make at Once</i> ".
1920	Alfred P. Sloan reorganiza General Motors para constituirlo en una oficina general y varias divisiones autónomas.
1926	Henry Ford publica el libro <i>Today and Tomorrow</i> .
1926	Sakichi Toyoda inicia Toyoda Automatic Loom Works.
1930	Sakichi y Kiichiro Toyoda inician la construcción de <i>Toyota Motor Company</i> .
1930	Los líderes de <i>Toyota</i> visitaron <i>Ford</i> y <i>GM</i> para estudiar sus líneas de ensamble y leer cuidadosamente el libro de Henry Ford, <i>Today and Tomorrow</i> .
1950	Eiji Toyoda y sus gerentes realizan un segundo viaje de 12 semanas por plantas automotrices de Estados Unidos.
1964	IBM 360 se convierte en la primera computadora.
1975	Joseph Orlick publica <i>Material Requirements Planning</i> .
1977	Se introduce la Apple II, iniciando la revolución de las computadoras personales.

- 1978 Taichi Ohno publica "*Toyota sesian hoshiki*" sobre el Sistema de producción *Toyota*.
- 1982 Shoichiro Toyoda, presidente de *Toyota*, aprueba el acuerdo con *General Motors* para la creación de *New United Motors Manufacturing, Inc. (NUMMI)*.
- 1991 Womack, *et al.* publican el libro *The Machine That Changed the World*.
- 1996 Jim Womack y Daniel Jones publican el libro *Lean Thinking*.

Tabla 1.2. Eventos en la manufactura (adaptada de Wallace y Spearman, 2001).

2. El sistema de Producción esbelto

2.1 ¿Por qué Producción esbelta?

Producción esbelta, también conocida como Sistema de producción, *Toyota* quiere decir hacer más con menos —menos tiempo, menos espacio, menos esfuerzos humanos, menos maquinaria, menos materiales—, siempre y cuando se le esté dando al cliente lo que desea. Dos importantes libros popularizaron el término de esbelto (*Lean*):

- *The Machine that Changed the World*, de James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos, publicado en 1991 por Simon & Schuster.
- *Lean Thinking*, de James Womack y Daniel Jones, publicado en 1996 por Simon & Schuster.

Ellos fueron los que bautizaron al sistema con el nombre de *Lean Manufacturing (Manufactura esbelta, traducido al español)*, y es un conjunto de técnicas que *Toyota* había venido trabajando en sus plantas por décadas, con el fin de eliminar los desperdicios dentro de sus procesos de producción.

2.1.1 El principio de la reducción de costos

Los clientes constantemente tienen a las compañías bajo presión para reducir los costos y los tiempos de entrega, así como para tener la más alta calidad. El pensamiento tradicional dicta que el precio de venta es calculado por el costo más el margen de utilidad que se desea. Pero en el ambiente económico de hoy, eso es un problema. El mercado es tan competitivo que hay siempre alguien listo para tomar su lugar. Los clientes pueden marcar el precio y usted no tendrá la ganancia que espera. Bajo estas circunstancias, el único camino para obtener una ganancia es eliminando desperdicios de sus procesos, y por lo tanto, reduciendo los costos (Tapping, *et al.*, 2002).

Determinando el precio que el cliente está dispuesto a pagar, y restando el costo, se puede determinar cuál será su ganancia ($\text{ganancia} = \text{precio} - \text{costo}$). Los clientes frecuentemente establecen el precio y también demandan la disminución de éstos. Por eso es tan importante la eliminación de desperdicios, ya que es la base para maximizar las ganancias (Figura 2.1).

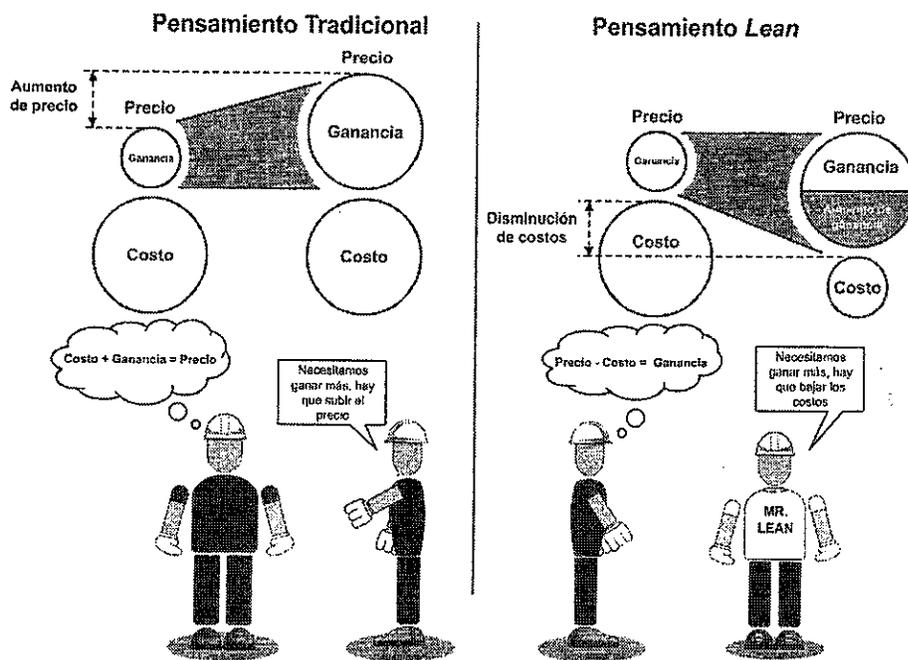


FIGURA 2.1. Aumento de costo vs. disminución del precio.

2.2 Valor agregado

Cuando se aplica el Sistema de producción *Toyota*, se inicia examinando los procesos de manufactura desde el punto de vista del cliente. La primera pregunta en este sistema de producción siempre es: "¿qué es lo que el cliente espera de este proceso?" (tanto para el cliente del siguiente proceso dentro de la línea de producción, como para el cliente externo). Esto se define como valor. A través de los ojos del cliente, puede observarse un proceso y separar los pasos que agregan valor de los que no. Se puede aplicar a cualquier proceso (manufactura, información o servicio).

Tomemos como ejemplo el proceso para pintar un mueble (Figura 2.2). Los operadores realizan muchos pasos pero generalmente sólo un pequeño número de éstos agrega valor al producto. En este caso, sólo tres pasos agregan valor. Algunos de los que

no agregan valor son necesarios, por ejemplo, el secado del mueble. El punto es minimizar el tiempo que se gasta en operaciones que no agregan valor mediante el acomodo de herramientas, equipos y materiales tan cerca como sea posible dentro del proceso.

Después de conocer qué es lo que agrega valor al producto o servicio, podemos pasar a ver qué es el desperdicio.

2.3 Desperdicios

Toyota ha identificado siete tipos de desperdicios que no agregan valor al proceso de manufactura, los cuales se describen a continuación (Figura 2.3). Esto también se puede aplicar dentro del desarrollo de un producto y en la oficina, no sólo en la línea de producción.

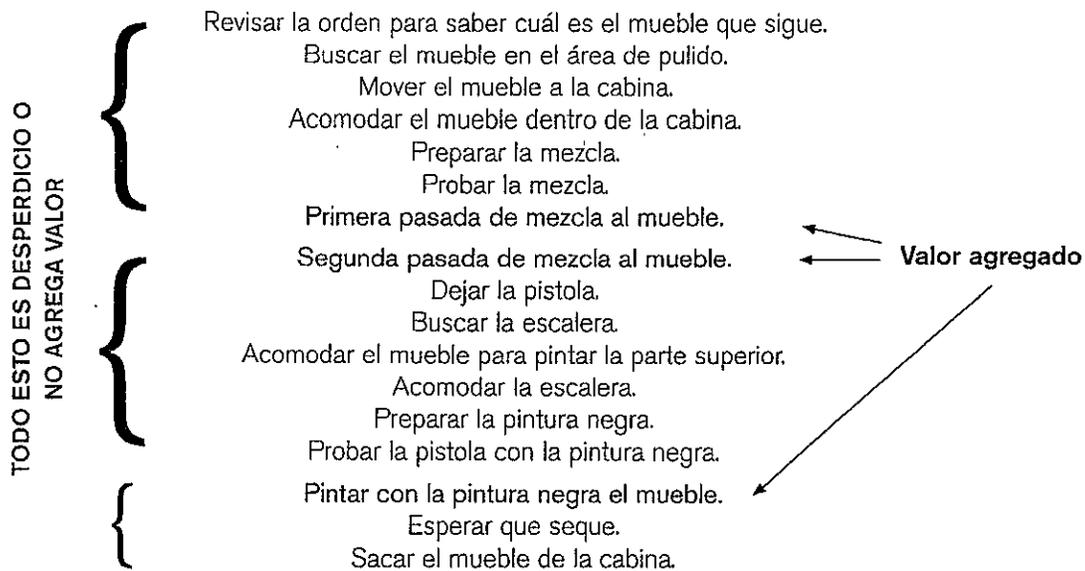


FIGURA 2.2. Desperdicio en el proceso de pintado de un mueble.

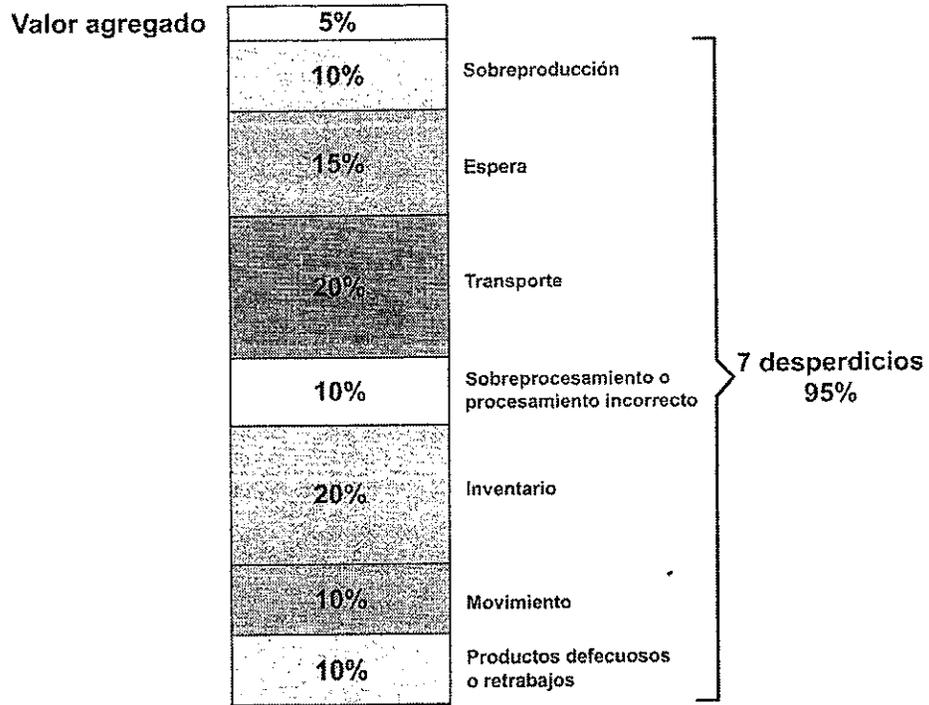


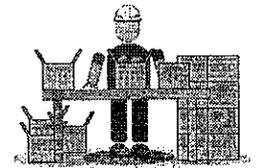
FIGURA 2.3. Los siete desperdicios.

El objetivo primordial de la Manufactura esbelta es minimizar el desperdicio. *Muda* (palabra japonesa cuyo significado es desperdicio), es todo aquello que no agrega valor y por lo cual el cliente no está

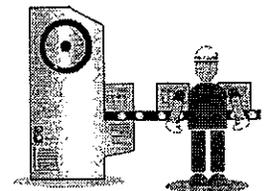
dispuesto a pagar.

Dentro de los desperdicios, se tiene una clasificación de siete diferentes tipos, que se muestran en la Tabla 2.1.

Sobreproducción. Producir artículos para los que no existen órdenes de producción; esto es producir producto antes de que el consumidor lo requiera, lo cual provoca que las partes sean almacenadas y se incremente el inventario, así como el costo de mantenerlo.



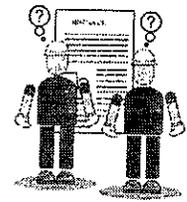
Espera. Los operadores esperan observando las máquinas trabajar o esperan por herramienta, partes, etcétera. Es aceptable que la máquina espere al operador, pero es inaceptable que el operador espere a la máquina o a la materia prima.



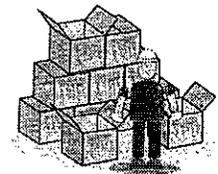
Transporte innecesario. El movimiento innecesario de algunas partes durante la producción es un desperdicio. Esto puede causar daños al producto o a la parte, lo cual crea un retrabajo.



Sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto. No tener claros los requerimientos de los clientes causa que en la producción se hagan procesos innecesarios, los cuales agregan costos en lugar de valor al producto.



Inventarios. El exceso de materia prima, inventario en proceso o productos terminados causan largos tiempos de entrega, obsolescencia de productos, productos dañados, costos por transportación, almacenamiento y retrasos. También el inventario oculta problemas tales como producción desnivelada, entregas retrasadas de los proveedores, defectos, tiempos caídos de los equipos y largos tiempos de *set-up*. Al mismo tiempo se necesita personal para cuidarlo, controlarlo y entregarlo cuando sea necesario.



Movimiento innecesario. Cualquier movimiento innecesario hecho por el personal durante sus actividades, tales como mirar, buscar, acumular partes, herramientas, etcétera. Caminar también puede ser un desperdicio.



Productos defectuosos o retrabajos. Producción de partes defectuosas. Reparaciones o retrabajo, *scrap*, reemplazos en la producción e inspección significan manejo, tiempo y esfuerzo desperdiciado.

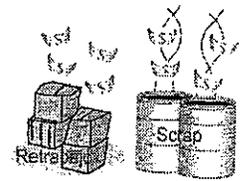


TABLA 2.1. Los siete desperdicios.

Dentro de estas categorías, existen muchos otros tipos de desperdicio más específicos. Para definir desperdicio y entender cómo asignarlo, es de gran ayuda pensar en tres niveles. El nivel uno es para los grandes desperdicios. Los de este nivel son relativamente fáciles de ver y trabajar con ellos puede gene-

rar un gran impacto. El nivel dos es sobre los desperdicios de procesos y métodos; y, en el nivel tres, están los desperdicios menores dentro del proceso. Quitando los grandes desperdicios se logra exponer y llegar a los demás tipos (Ver Tabla 2.2).

NIVEL UNO GRANDES DESPERDICIOS	NIVEL DOS. DESPERDICIOS DE PROCESOS Y MÉTODOS	NIVEL TRES. DESPERDICIOS MENORES EN LOS PROCESOS
Trabajo en proceso <ul style="list-style-type: none"> • Pobre <i>layout</i> de la planta • Rechazos • Retrabajo • Producto dañado • Tamaño del contenedor • Tamaño del lote • Pobre iluminación • Equipo sucio • El material no se entrega en los puntos que se requiere 	Cambios entre productos muy largos <ul style="list-style-type: none"> • Pobre diseño del lugar de trabajo • Falta de mantenimiento • Almacenes temporales • Problemas con los equipos • Métodos inseguros 	Surtir y alcanzar <ul style="list-style-type: none"> • Doble manejo • Caminar en exceso • Producir para almacenar • Trabajo en papel • Velocidad de producción y alimentación de materiales

TABLA 2.2. Los tres niveles de desperdicios (Tapping, *et al.* 2002).

2.4 El sistema de producción *Toyota* y el Sistema esbelto

El Sistema de producción *Toyota* es el enfoque de esta organización acerca de la manufactura. Esta es la base para la "producción esbelta", que ha venido dominando las tendencias de la manufactura (junto con el Seis Sigma) en los últimos 10 años (Liker, 2004).

En muchas compañías en donde la Manufactura esbelta se ha implementado, los gerentes de planta o dueños de la compañía no se han involucrado día a día con las operaciones y el mejoramiento continuo, lo cual es parte importante del sistema *Lean*. Esto provoca que la gente nunca haga suyo el sistema que se trata de implementar, sino que, por el contrario, lo tomen como una imposición. El método de *Toyota* es muy diferente. Entonces, no se puede decir que ser una empresa esbelta es el resultado de aplicar el Sistema de producción *Toyota* en todas las áreas de su negocio.

La Manufactura esbelta tiene un proceso de 5 pasos (Womack y Jones, 1996) (Figura 2.4):

1. Definir qué agrega valor para el cliente.
2. Definir y hacer el mapa del proceso.
3. Crear flujo continuo.
4. Que el consumidor "jale" lo que requiere.
5. Esforzarse por la excelencia y alcanzar la perfección.

Para ser una empresa esbelta se requiere una forma de pensar que se enfoque en hacer que el producto fluya a través del proceso que le agrega valor sin interrupciones (flujo de una pieza); un sistema que "jale" de las estaciones de trabajo anteriores (proceso anterior), iniciando desde el cliente y continuando, de la misma manera, con las estaciones de trabajo anteriores. Todo esto debe realizarse en periodos cortos de tiempo (varias veces al día), y crear una cultura en donde todos estén comprometidos con el mejoramiento continuo.

Las condiciones de *Toyota* llevaron a la empresa a ser flexible, y esto la encaminó a hacer un descubrimiento crítico: cuando se tienen tiempos de entrega cortos y se enfocan en mantener líneas de producción flexibles, se comienza a obtener alta calidad, consumidores más sensibles, mejor productividad y una mejor utilización del equipo y del espacio.

La filosofía del Sistema de producción *Toyota* a lo largo de su lucha contra los desperdicios, ha tenido que dar cuenta de los siguientes puntos:

- Frecuentemente, lo mejor que se puede hacer es detener una máquina y parar de producir partes defectuosas.
- Usualmente, lo mejor para hacer un inventario de productos terminados en orden es nivelar la pro-

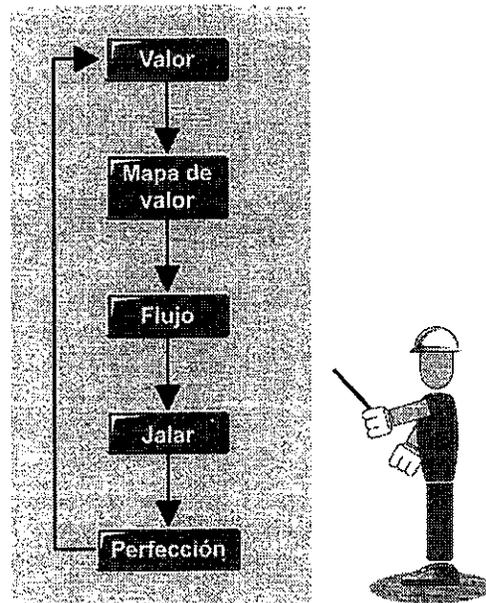


FIGURA 2.4. 5 pasos de la Manufactura esbelta.

gramación de la producción, mejor dicho, producir acorde a la fluctuación de la demanda, conforme a las órdenes de los clientes.

- Tal vez no sea una prioridad mantener a los trabajadores ocupados haciendo partes lo más rápido que puedan.

Taiichi Ohno, al aprender de sus experiencias durante sus recorridos en el piso de producción, pudo identificar las actividades que agregan valor, desde la materia prima hasta que se convierten en producto terminado para el cliente. Él aprendió recorriendo los procesos, desde que es materia prima hasta ser un producto terminado por el cual el cliente está dispuesto a pagar. Esto llevó a *Toyota* a tener una solución y eliminar los problemas que provocan los desperdicios.

La única cosa que agrega valor en cualquier tipo de proceso, ya sea de manufactura, *marketing*, o desarrollo de un proceso, es la transformación física o informativa de los productos, servicios, o actividades en algo que desea el cliente. Es por eso que el Sistema de producción *Toyota* inicia con el cliente, pues él pone el dinero y mantiene el negocio.

2.5 Mejoramiento tradicional en el proceso vs. mejoramiento de la Manufactura esbelta

Tradicionalmente, el mejoramiento en el proceso se enfocaba en identificar eficiencias locales, "ve a ver el equipo, los procesos que agregan valor y mejora el tiempo en que se trabaja, haz el ciclo más rápido o reemplaza a la persona con equipo automatizado". El resultado podía tener un significativo porcentaje de mejora para esos procesos individuales, pero tenían un pequeño impacto sobre toda la cadena de valor. Esto es especialmente cierto debido a que en muchos procesos hay relativamente pocos pasos que agregan valor: entonces, mejorar estos pasos no genera un gran impacto. Sin el pensamiento esbelto (*lean thinking*), muchas personas no pueden ver la

gran cantidad de oportunidades que tienen para reducir desperdicios con sólo trabajar y disminuir los pasos que no agregan valor.

En el mejoramiento de la Manufactura esbelta, el mayor avance viene porque muchos de los pasos que no agregan valor se eliminan. En la Manufactura esbelta, una célula consiste en un arreglo de personas, máquinas o estaciones de trabajo en una secuencia de procesos. Se crea una célula con el fin de facilitar el flujo de una pieza (*one-piece flow*) de un producto o servicio; es decir, se suelda, ensambla y empaca una unidad a la vez; el ritmo se determina según las necesidades del cliente y con la menor cantidad posible de retrasos y espera.

Pongamos por ejemplo el ensamble de un cable. En la Figura 2.5 se pueden ver los pasos que agregan y no agregan valor al proceso de elaboración. Se cuenta con una línea de producción para hacer este cable. Aquí se requiere de la creación de una célula y después pasar los cables de uno en uno, o bien, trabajar con lotes pequeños para pasarlos de una operación a otra en flujo de una pieza. Lo que antes tomaba horas, actualmente se hace en minutos. En este caso no es nada inusual. La magia de hacer grandes mejoras en la productividad y calidad, y sustanciales reducciones de inventario, espacio y tiempos de entrega mediante el flujo de una pieza, ha sido demostrada una y otra vez en muchas compañías.

En la Figura 2.6 se pueden apreciar los cambios obtenidos al momento de eliminar o reducir los pasos que no agregan valor.

La última meta de la Manufactura esbelta es la aplicación ideal del flujo de una pieza para todas las operaciones, desde el diseñar el producto hasta su lanzamiento, toma de órdenes y producción. Pero se debe tener cuidado, ya que la Manufactura esbelta no es sólo hacer células por toda la planta, sino que existen lugares en donde se deben saber aplicar de diferente manera las técnicas para obtener el flujo de una pieza al que se busca llegar. Como se dice por ahí "nada con exceso todo con medida".

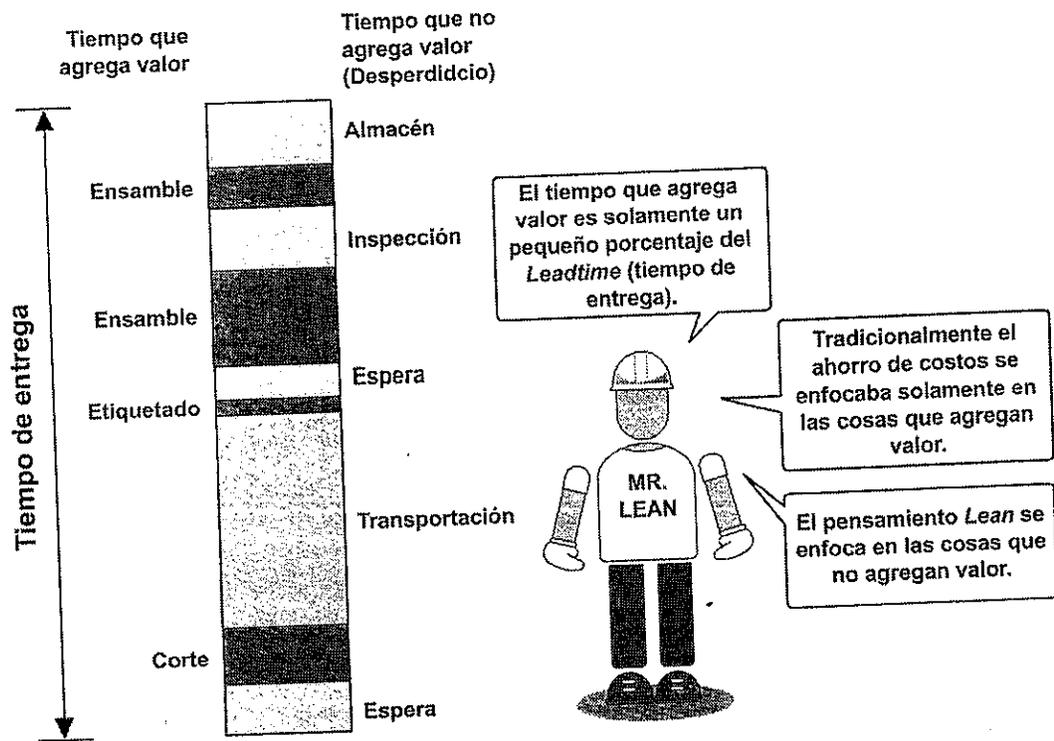


FIGURA 2.5. Tiempo de entrega de un producto. Qué agrega y qué no agrega valor.

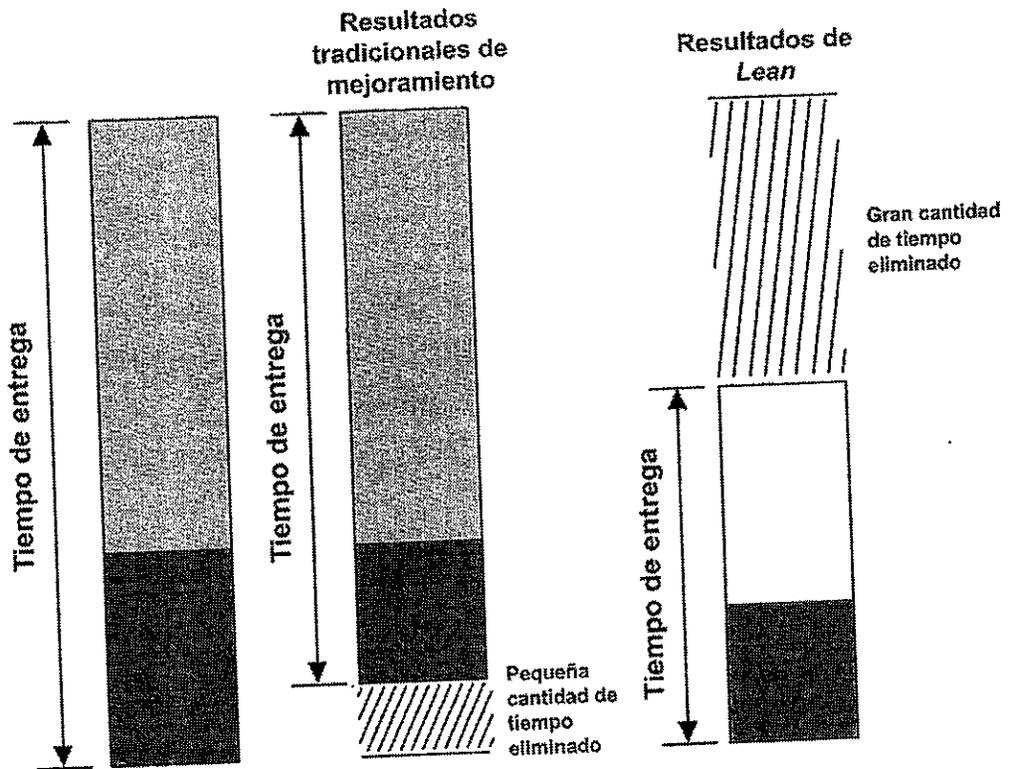


FIGURA 2.6. Resultados de lo tradicional vs. Manufactura esbelta.

Para finalizar con este punto, se muestra a continuación una tabla en donde se compara la Manufactura esbelta con la producción en lotes (Tabla 2.3).

	Sistema tradicional (producción en lotes)	Sistema de Producción esbelto
Funcionamiento como sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Prolongados tiempos de espera, de entrega y de ciclo • Baja rotación de inventario y altos costos por inventarios • Enfoque departamental basado en la auto-optimización • La gerencia espera que el sistema produzca por sí solo (sin detenerse) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento en las ventas • Alta rotación en el inventario, con bajos costos por inventarios • Enfoque en crear un flujo de información y de materiales • Énfasis en la eliminación de los desperdicios • Trabajo en equipo (la gerencia promueve y es responsable de la implementación de la Manufactura esbelta)
Distribución de planta	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución hecha con base en los procesos • Ruta por procesos, manejada en lotes • Producción en lotes grandes • Programación y control de la producción con base en el MRP 	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución hecha con base en los productos • Flujo de una pieza • Lotes de una pieza • Programación de la producción con base en lo que consume el cliente (<i>jale</i>)
Otras características	<ul style="list-style-type: none"> • Programación MRP • Largos tiempos de entrega • Almacenes grandes • Sistema que empuja la producción a través de los procesos • Mucha automatización • Cambios de <i>set-up</i> o de dados prolongados y poco frecuentes • Capacidad en exceso • Se trata de mejorar las operaciones del operador • Muchos desperdicios • Cuellos de botella • Maquinaria que es un monumento, ya que sólo estorba • Mantenimiento correctivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema <i>kanban</i> • Tiempos de entrega cortos • Uso de los supermercados • Sistema de producción <i>justo a tiempo</i> • Células de producción • Cambios de <i>set-up</i> o de dados frecuentes • Procesos pequeños y flexibles • Nivelación de la producción • Producción de productos mezclados • Se trabaja en la disminución de los desperdicios • Uso de <i>Andon</i> • Generación de <i>poka yokes</i> • Mantenimiento productivo total • Trabajo en equipo • Se produce según el <i>takt time</i>

TABLA 2.3. Sistema tradicional vs. Sistema de producción esbelto.

2.6 La "Casa del Sistema de producción Toyota"

La "Casa del Sistema de producción Toyota" (Figura 2.7) es un diagrama que se ha convertido en uno de los símbolos más reconocidos en la manufactura moderna. ¿Por qué una casa? Porque una casa es un sistema estructural. La casa es fuerte sólo si el techo, los pilares y las bases son fuertes. Una liga

débil debilita todo el sistema.

La casa inicia con las metas de la mejor calidad, el más bajo costo, el menor tiempo de entrega, la mayor seguridad y la más alta moral, lo cual conforma el techo. Existen dos pilares, el *justo a tiempo*, probablemente la característica más visible y publicitada del Sistema de producción Toyota, y el *jidoka*, el cual, en esencia significa nunca permitir que los

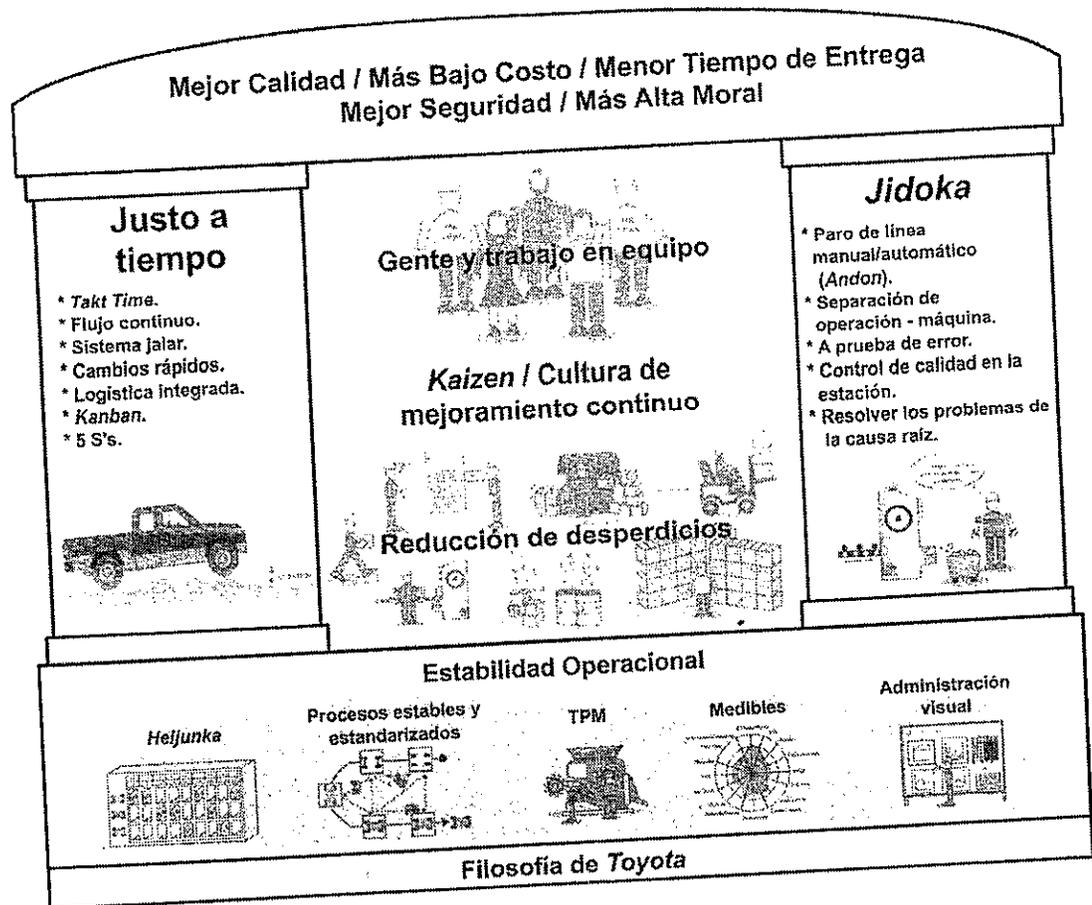


FIGURA 2.7. Casa del Sistema de producción Toyota.

defectos pasen a la siguiente estación y, además, implica liberar a la gente de las máquinas (automatización con toque humano). El centro del sistema es la gente. Finalmente, hay varios elementos base que incluyen la necesidad de estandarización, estabilidad, confiabilidad en los procesos, y también el *heijunka*, el cual significa nivelación del programa de producción tanto en el volumen como en la variedad. Una programación nivelada o *heijunka* es necesaria para mantener el sistema estable y para permitir un mínimo de inventarios.

Cada elemento de la casa es, por sí mismo, crítico; pero más importante es la manera en que los elementos se refuerzan unos con otros. Justo a tiempo significa surtir el producto indicado, en el momento preciso, en la cantidad correcta. El ideal del flujo de una pieza es hacer cada unidad a un tiempo determinado conforme marca la demanda del consumidor o *takt* (palabra alemana para ritmo), utilizando peque-

ños amortiguadores, lo cual significa que los problemas como los de calidad se harán visibles de una manera inmediata. Esto refuerza al *jidoka*, el cual detiene el proceso de producción. Esto significa que los trabajadores deben resolver inmediatamente los problemas y rápidamente reiniciar la producción.

La base de la casa es la estabilidad. Irónicamente, el Sistema de producción Toyota requiere para trabajar un pequeño inventario y pausar la producción cuando existen los problemas que causan inestabilidad al sistema para, de esta forma, crear un sentido de urgencia entre los trabajadores. En la producción en masa, cuando una máquina falla, no hay sentido de urgencia: el departamento de mantenimiento se programa para arreglarla y, mientras tanto, el inventario mantiene corriendo las operaciones. En contraste, en la producción esbelta, cuando un operador apaga un equipo para arreglar un problema, otras operaciones comienzan a dejar de produ-

cir, creando una crisis. Entonces, siempre se tiene un sentido de urgencia en producción para arreglar los problemas en conjunto y hacer que el equipo corra de nuevo. Si el mismo problema sucede constantemente, la administración debe concluir rápidamente que ésta es una situación crítica y, tal vez, se invierta en el Mantenimiento productivo total (*TPM*, por sus siglas en inglés), en donde todos aprenden cómo limpiar, inspeccionar y mantener el equipo. Es necesario entonces un alto grado de estabilidad para que el sistema no esté constantemente deteniéndose.

La gente es el centro de la casa, porque solamente a través del mejoramiento continuo puede la operación conseguir la estabilidad necesaria. La gente debe ser entrenada para ver el desperdicio y resolver los problemas desde su raíz, preguntando en repetidas ocasiones por qué el problema realmente ocurre. La solución de problemas se da en el lugar de trabajo, en donde se puede ver qué es lo que sucede (*genchi genbutsu*).

2.7 Resumen

El nombre de Producción esbelta fue inspirado en el Sistema de producción *Toyota*, el cual tiene como base disminuir los desperdicios, que se tengan den-

tro del proceso, por lo cual tiende a volverse esbelto, de ahí el nombre.

Los siete principales desperdicios, o *muda*, son, básicamente: sobreproducción, espera, transporte, sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto, inventario, movimiento y productos defectuosos o retrabajos. Su eliminación del proceso y de todo aquello que no agrega valor, es el objetivo de este sistema de producción.

Tradicionalmente, las áreas de mejora de los procesos consistían en tratar de reducir los tiempos de ciclo de los procesos, pero eso no traía grandes resultados. El éxito del sistema de *Toyota* consistió en darse cuenta del área de oportunidad que se tiene al ver los desperdicios dentro del proceso. Entonces, comenzó a separar los desperdicios de lo que genera valor para el cliente; cambiar hacia este enfoque trae grandes mejoras dentro del proceso.

El modelo de la "Casa del Sistema de producción *Toyota*", muestra la esencia misma de esta empresa. Sin lugar a dudas, el punto más importante de esta sección es el significado que se le da a la gente dentro de este sistema, ya que, sin soporte, cualquier herramienta, por bien implementada que esté, nunca funcionará como la empresa lo desea.

3. Las cuatro categorías de Toyota: resumen de la cultura detrás del Sistema de producción Toyota

En *Toyota* es la gente la que lleva el sistema de producción a su propia vida, por medio del trabajo, la comunicación y la resolución de problemas en conjunto. La manera de *Toyota* de hacer las cosas motiva, apoya y, de hecho, exige el involucramiento de los empleados.

El Sistema de producción *Toyota* provee las herramientas a la gente para que mejoren continuamente su trabajo. Este camino implica depender más de la gente, no menos. Es una cultura, más que un conjunto de técnicas de eficiencia y de mejora.

El Camino de *Toyota* consta de 14 principios, los cuales están organizados en 4 categorías. A continuación se muestra una interpretación de los 14 principios publicados en el libro *Toyota Way*, de Jeffrey Liker, la cual se reproduce con fines didácticos:

3.1 Categoría 1: Filosofía a largo plazo

PRINCIPIO 1: Basa tus decisiones administrativas en una filosofía a largo plazo, aun a costa de los objetivos financieros a corto plazo.

- Hay que tener una filosofía que sea más importante que cualquier decisión a corto plazo.
- Toda la organización debe trabajar, crecer y alinearse por una meta que sea más importante que el dinero.
- Comienza por generar valor para el cliente, la sociedad y la economía.
- Sé responsable. Procura decidir por ti. Actúa con confianza en ti mismo y en tus habilidades. Acepta tus responsabilidades por tu conducta y mejora las habilidades que te permiten producir valor agregado.

3.2 Categoría 2: Los procesos correctos van a producir los resultados correctos

PRINCIPIO 2: Crea flujo continuo en los procesos para hacer que los problemas salgan a la luz.

- Rediseña los procesos para lograr un flujo continuo con un alto valor agregado y que el material y la información se muevan, con el fin de ligar los procesos y la gente.
- La clave para tener procesos y desarrollo de personal que generen una mejora continua es hacer que el flujo sea algo evidente en la cultura de la organización.

PRINCIPIO 3: Utiliza sistemas de "jalar" (*Pull System*).

- Provee a tus clientes dentro del proceso de producción con lo que necesitan, cuando ellos lo requieren y en la cantidad que lo ocupan.
- Minimiza los inventarios y el trabajo en proceso, guardando sólo pequeñas cantidades de cada producto y reabasteciendo frecuentemente, basándose en lo que el cliente consume.
- Hay que responder diariamente a los cambios en la demanda, en vez de confiar en pronósticos de computadoras y sistemas que crean inventarios.

PRINCIPIO 4: Nivel la carga de trabajo (*heijunka*). (Trabaja como la tortuga, no como la liebre).

- Elimina los desperdicios, la sobrecarga de trabajo de las personas, de los equipos y las fluctuaciones en los planes de producción. Esto es tan importante como eliminar desperdicios.

PRINCIPIO 5: Crea una cultura en la que la gente se detenga para arreglar los problemas, para así alcanzar la calidad adecuada desde la primera vez (*jidoka*).

- La calidad para el cliente es algo que agrega valor.
- Haz que tu equipo sea capaz de detectar problemas y de detenerse por sí mismo. Desarrolla un sistema visual para alertar cuando una máquina o proceso necesite ayuda.
- Crea en la organización sistemas de apoyo para resolver problemas y tomar medidas al respecto.

PRINCIPIO 6: La estandarización de tareas es la base para la mejora continua y el *empowerment* de los empleados.

- Usa métodos estables y repetitivos para mantener y ser predecible en los tiempos y las entregas de tus procesos.
- Mejora los procesos y después actualiza los estándares con esas mejoras. Permite la creatividad y las expresiones individuales para lograr esto.

PRINCIPIO 7: Utiliza el control visual para que ningún problema se pueda esconder.

- Utiliza indicadores visuales sencillos para ayudar a la gente, además de apoyar el flujo y el sistema de jalar.
- Evita utilizar pantallas de computadoras, si éstas hacen que la atención del trabajador se desvíe del lugar de trabajo.
- Reduce tus reportes a una hoja de papel, aun para las decisiones financieras más importantes.

PRINCIPIO 8: Utiliza solamente tecnología confiable y probada que ayude a tu proceso y tu gente, no para reemplazarla.

Un proceso ya probado que funciona, es mejor que una nueva tecnología no probada.

- Rechaza o modifica tecnología que vaya en contra de la cultura de la organización.
- Motiva a tu gente a que consideren nuevas tecnologías cuando estén buscando opciones para realizar un trabajo.

3.3 Categoría 3: Agrega valor a la organización por medio del desarrollo de tu gente y tus socios

PRINCIPIO 9: Desarrolla líderes que comprendan el trabajo, vivan la filosofía y la enseñen a los demás.

- Desarrolla líderes dentro de la organización, en vez de contratarlos fuera. Deben de ser modelos de la filosofía de la compañía y entender cada detalle del trabajo diario, para que puedan ser los mejores maestros de la filosofía de la compañía.

PRINCIPIO 10: Desarrolla gente y equipos excepcionales que sigan la filosofía de tu empresa.

- Crea una cultura fuerte y estable, en la que los valores y creencias de la compañía se vivan y se compartan.
- Entrena a individuos y utiliza equipos multifuncionales para trabajar juntos y lograr resultados excepcionales.

PRINCIPIO 11: Respeta a tu red de socios y proveedores.

- Trátalos como una extensión de tu negocio.
- Reta a tus socios de negocios externos a crecer y a desarrollarse.
- Ponles objetivos retadores y ayúdalos a alcanzarlos.

3.4 Categoría 4: Resolver continuamente problemas de raíz impulsa el aprendizaje de la organización

PRINCIPIO 12: Ve a ver por ti mismo para comprender la situación (*genchi genbutsu*).

- Resuelve los problemas y mejora los procesos buscando la causa raíz, observando personalmente y verificando los datos, en vez de basarte en lo que otra gente o la computadora te diga.
- Hasta los ejecutivos del más alto nivel deben ir y ver las cosas por ellos mismos.

PRINCIPIO 13: Toma las decisiones lentamente y por consenso; impleméntalas rápidamente (*nemawashi*).

- No tomes una decisión hasta que hayas considerado todas las alternativas. Cuando tomes la decisión, impleméntala rápida, pero cuidadosamente.
- *Nemawashi* es el proceso de discutir los problemas y sus soluciones potenciales con todos los que se ven afectados por ellos, recopilando sus ideas y acordando un camino a seguir.

PRINCIPIO 14: Conviértete en una organización que persigue el aprendizaje por medio de la reflexión (*hansei*) y la mejora continua (*kaizen*).

- Protege la base del conocimiento organizacional desarrollando personal estable, ascensos lentos, un

sistema de sucesión de puestos muy cuidadoso y utiliza las herramientas de mejora continua.

- Utiliza *hansei* (reflexión) en los puntos clave y después de terminar un proyecto; identifica todo lo que le faltó. Desarrolla medidas para evitar los mismos errores.

3.5 Resumen

Toyota implementa su sistema de producción, basado en 14 principios que se engloban en 4 catego-

rías: filosofía a largo plazo, el proceso correcto debe producir los resultados correctos, agregar valor para la organización mediante su gente y aprender continuamente mediante la solución de los problemas, buscando la causa raíz. Se debe recalcar que la gente es quien le da vida al sistema: lo trabaja, se comunica, resuelve los problemas y crece en conjunto con la compañía. Una organización que practique todos los principios de *Toyota* y que sigue el Sistema de producción *Toyota* se encuentra en camino de lograr una ventaja competitiva sustentable (Figura 3.1).

FIGURA 3.1 PÁGINA SIGUIENTE →

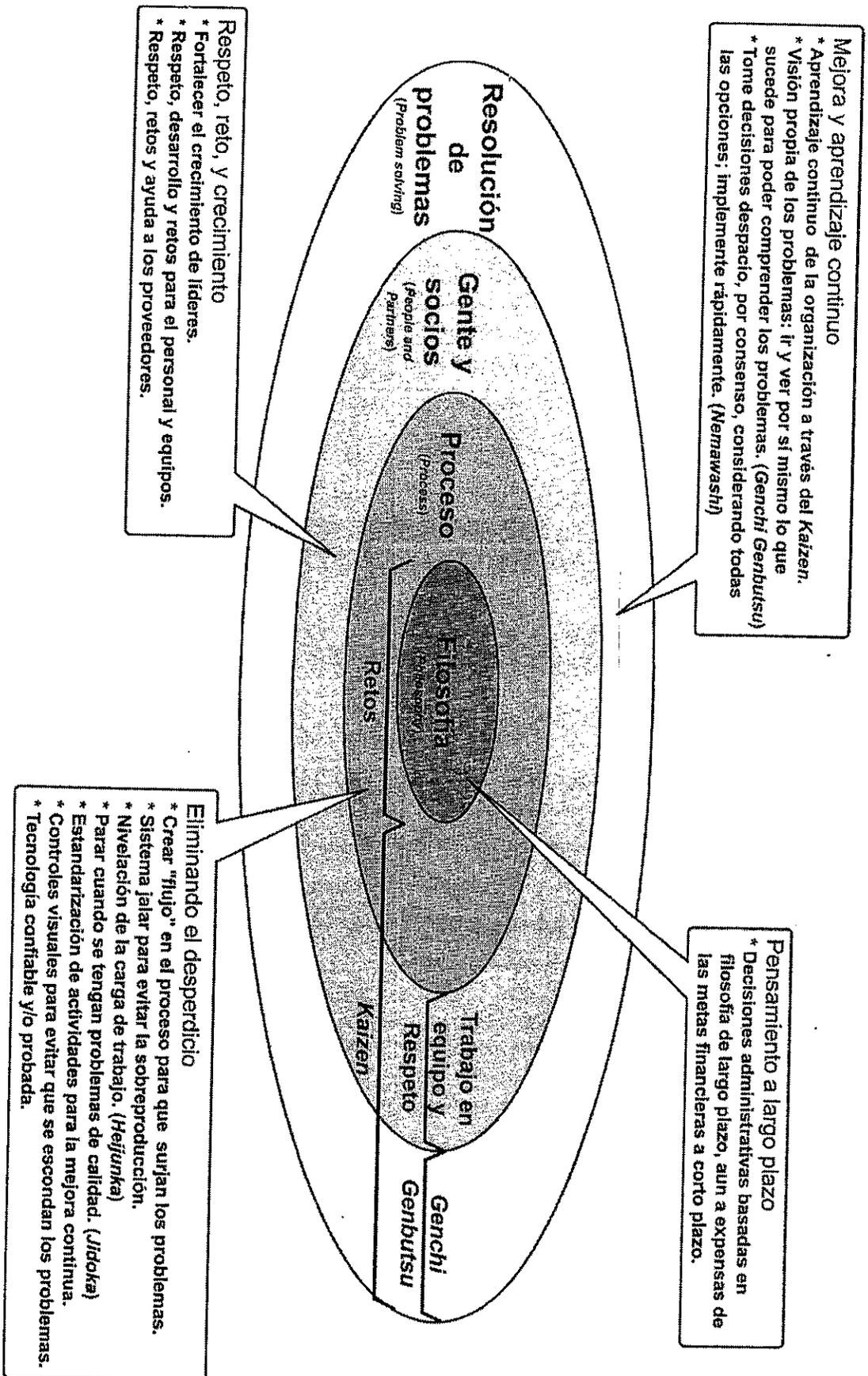


FIGURA 3.1. Las "4 P" del Camino de Toyota.

4. Los tres niveles para la aplicación de la Manufactura esbelta

Las herramientas de la Manufactura esbelta se pueden agrupar dentro de tres niveles, que son: demanda, flujo y nivelación. A continuación, se describirán cada una de las herramientas y técnicas que conforman cada uno de los niveles y la metodología para aplicar la Manufactura esbelta dentro de los procesos de las empresas (Tapping, *et al.*, 2002).

1. **Demanda del cliente:** entender las necesidades que tiene el cliente de productos o servicios, además de tener en cuenta las características de calidad, tiempos de entrega (*Lead Time*) y precio.
2. **Flujo continuo:** implementar el flujo continuo en toda la compañía para que los clientes internos y externos reciban los productos y materiales indicados, en el tiempo que los necesitan y en la cantidad correcta.
3. **Nivelación:** distribuir uniformemente el trabajo, por volumen y variedad, para reducir el inventario en proceso e inventario final, lo que permitirá a los clientes pedir órdenes en pequeñas cantidades.

Se recomienda implementar estos niveles en el mismo orden en que son expuestos. Una de las principales razones por las que las transformaciones hacia la Manufactura esbelta fracasan en mantener-

se, es porque la gente "agarra la cereza del pastel", lo más fácil, para la implementación de las herramientas; esto incluye al popular *kaizen* o *kaizen blitz* y talleres sobre los mapas de valor.

Al entender los niveles de la demanda, el flujo y la nivelación para su aplicación, junto con la implementación de los mapas de valor, se tendrá un enfoque sólido, no sólo para la implementación, sino también para mantener las mejoras de la Manufactura esbelta.

Según cómo se avance en los niveles, los principios o metas comunes son:

- Estabilizar sus procesos, examinar la demanda del cliente, capacidades del equipo, balancear el trabajo y el flujo de materiales.
- Estandarizar los procesos y el trabajo en cada estación.
- Simplificar mediante el *kaizen*, después de haber estabilizado y estandarizado.

En la Figura 4.1, se muestran las herramientas que se recomienda aplicar en cada uno de los tres niveles (los conceptos serán explicados ampliamente a lo largo del texto).



FIGURA 4.1. Los tres niveles de la Manufactura esbelta.

Lo que permite la existencia y permanencia de una empresa en el mercado es poder satisfacer la demanda que tiene el cliente sobre un determinado artículo o servicio. Por ello, para seguir existiendo, es vital entender la demanda del cliente, incluyendo las características de calidad, tiempos de entrega (*Lead Time*) y precio.

El cliente es quien marca el ritmo, decide la manera y forma en la que se le entregarán los productos o servicios que desea; además, es quien decide qué agrega y qué no agrega valor dentro de los procesos, qué es lo que genera desperdicio y por lo cual no está dispuesto a pagar.

Saber eliminar los desperdicios y mantener el precio de venta competitivo, ayudará hasta cierto punto a una empresa a cumplir con tiempos de entrega cada vez más cortos y con exigencias de calidad más altas, además de brindar un precio más competitivo. De ahí la importancia de las herramientas que se presentarán a continuación.

$$Takt\ time = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Cantidad total requerida}}$$

$$Takt\ time = \frac{\text{Tiempo}}{\text{Volumen}}$$

NOTA: El *takt time* se calcula en unidades de tiempo, siendo los segundos los más utilizados.

5.1.2 Cálculo del *takt time*

Suponiendo que un proceso de manufactura tenga 9.6 horas disponibles en el día. De ese tiempo se tiene que eliminar el tiempo en que, normalmente, se

Tiempo de producción disponible:	9.6 horas x 60 minutos	= 576 minutos
	descanso de 10 minutos	= - 10 minutos
	dos comidas de 15 minutos	= - 30 minutos
	junta de 10 minutos	= - 10 minutos
Tiempo perdido:	10 + 30 + 10 = 50	
	576 - 50	= 526 minutos
Para convertir en segundos:	526 minutos x 60 segundos	= 31,560 segundos

5.1 *Takt time*

De la información que se tenga sobre la demanda del cliente, se debe determinar el *takt time*, o el ritmo de producción que marca el cliente. "*Takt*" es una palabra en alemán que significa "ritmo". Entonces, esto quiere decir que el *takt time* marca el ritmo de lo que el cliente está demandando, al cual la compañía requiere producir su producto con el fin de satisfacerlo. Producir con el *takt time* significa que los ritmos de producción y de ventas están sincronizados, que es una de las metas de *Lean Manufacturing* (Tapping, *et al.*, 2002).

5.1.1 Fórmula del *takt time*

El *takt time* se calcula dividiendo el tiempo de producción disponible (o el tiempo disponible de trabajo por turno) entre la cantidad total requerida (o la demanda del cliente por turno).

$$o \quad \frac{\text{Tiempo disponible de trabajo por turno}}{\text{Demanda del cliente por turno}}$$

detiene el proceso (por ejemplo, desayunos, descansos, etcétera); entonces, se tiene que el tiempo de producción disponible es:

El tiempo de producción disponible es de 31,560 segundos (526 minutos). Éste es el tiempo que se tiene para producir lo que el cliente demanda.

Para este proceso, el cliente está demandando 2,000 unidades por día.

A continuación se calcula el *takt time*:

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Cantidad total requerida}} = \frac{31,560 \text{ segundos}}{2,000 \text{ unidades}}$$

$$\text{Takt time} = 15.78 \text{ segundos por unidad}$$

Esto quiere decir:

- Que el cliente está comprando este producto a un ritmo de una unidad cada 15.78 segundos.
- Este es el ritmo que se debe manejar para este producto y sus componentes para alcanzar la meta.
- Conforme el volumen aumente o disminuya, el *takt time* necesita ser ajustado hasta que la demanda y la producción se sincronicen.

Producir con el *takt time* suena sencillo, pero requiere concentrar esfuerzos en:

- Proveer rápida respuesta (dentro del *takt time*) a los problemas que se presenten en las áreas de producción y de apoyo.
- Eliminar las causas de los tiempos caídos o fallas no programadas.
- Eliminar los tiempos de los cambios o *set-ups*, dentro de los pasos que agregan valor o hacerlo en el tiempo *takt*.

NOTA: En algunas industrias, tales como distribución, productos especiales y procesos industriales, puede que se requiera de más creatividad para definir las "unidades" que el cliente demanda. Una solución es la definición de "unidad" como la máxima cantidad de trabajo que el proceso cuello de botella o marcapaso puede hacer, y a esta unidad se le puede llamar "*takt*", por así decirlo. Entonces, se deben separar las órdenes dentro de las unidades de este intervalo *takt* (Rother y Shook, 1999).

5.1.3 *Takt time* operacional

Se tiene otro método o adaptación para el *takt*, el cual se conoce con el concepto de *takt time operacional*. Este tiempo es mucho más rápido que el *takt time*, y se usa para balancear la línea con el fin de tener un espacio, si es que se cuenta con una falla crónica, como equipo caído, ausentismo o cambios inesperados de la demanda.

Por ejemplo, si el *takt time* es de 15.78 segundos, pero usted sabe que el sistema tiene problemas que pueden repercutir en la producción, se debe tratar de trabajar con un *takt time* operacional que sea 10 por ciento más rápido, 14.2 segundos por unidad. Esto le permitirá asegurarse de que puede lograr realmente la demanda del cliente de 15.78 segundos.

Si no está satisfecho con mantener el *takt time* operacional, enfóquese en sus actividades *kaizen* para reducir los problemas del sistema y con ello podrá usar el *takt time* de 15.78 segundos que representa la demanda real del cliente (Tapping, et al., 2002).

Puntos claves a tomar en cuenta:

- El *takt time* es un rango de tiempo o es el ritmo en el cual una compañía debe producir sus productos para satisfacer la demanda del cliente.
- El *takt time* mantiene un paso regular y predecible que forma parte del trabajo estandarizado.
- El *takt time* debe ser calculado antes de que las actividades puedan ser planeadas. Cada vez que el *takt time* cambie, las actividades del personal deben cambiar, así como muy probablemente el *layout* de la célula.

- En caso de que el volumen aumente o disminuya, el *takt time* debe ser ajustado para que la demanda y la producción estén sincronizadas. Si la demanda disminuye, el *takt time* aumenta, y si la demanda aumenta, el *takt time* disminuye.

5.2 Pitch (lote controlado)

El estado ideal de cualquier sistema de *jalar* consiste en la eliminación de todos los desperdicios y en crear un flujo de una pieza a través de todo el sistema de producción, desde la materia prima hasta embarques. Comúnmente, el cliente no ordena muchas veces un solo producto, pero, por lo general, se le empaquetan paquetes estándar en algún tipo de contenedor. Cuando esto sucede, es necesario convertir el *takt time* en un tipo de unidad llamada *pitch*.

Pitch es una cantidad de piezas por unidad de tiempo, basada en el *takt time* requerido para que las operaciones realicen unidades que formen paquetes con cantidades predeterminadas de trabajo en proceso (WIP, por sus siglas en inglés). En consecuencia, *pitch* es el *takt time* de producto y la cantidad de unidades en el paquete.

5.2.1 Fórmula del *pitch*

$$\text{Pitch} = \text{Takt time} \times \text{cantidad de unidades en el paquete.}$$

NOTA: El *takt time* es la demanda del cliente. Por ejemplo, si su *takt time* es de 15.78 segundos por unidades y se necesita que se muevan 15 piezas al mismo tiempo, se requiere tener un *pitch* de 236.7 segundos.

5.2.2 Cálculo del *pitch*

$$\text{Pitch} = 15.78 \text{ segundos por unidad (takt time)} \times 15 \text{ piezas (cantidad del paquete)}$$

$$\text{Pitch} = 236.7 \text{ segundos}$$

$$\text{Pitch} = 3.94 \text{ minutos}$$

Para volúmenes altos o líneas de producción bajas con productos mixtos, el *pitch* debe estar normalmente entre los 12 y 30 minutos, dependiendo de los requerimientos del cliente y de cualquier restricción.

El cálculo del *pitch* es un compromiso entre producir en lotes y la implementación del flujo de una pieza. Por varias razones, no siempre es práctico producir con el *takt time* de una pieza a la vez, pero es posible producir pequeños lotes en múltiplos del *takt time* basados en la cantidad a producir. Si el *takt time* es de 0.5 segundos por parte, por ejemplo, se complica el trabajar una pieza a la vez; es por eso que se puede producir en pequeños lotes.

5.2.3 Ventajas de utilizar el *pitch*

Existen un número de ventajas al producir en pequeños lotes basándose en el *pitch* en lugar de fabricar en grandes lotes:

- El uso del montacargas se reduce, porque se está trabajando con lotes pequeños.
- Existen mejoras en la seguridad, porque los trabajadores levantan pequeñas cantidades.
- Existen mejoras en el control del inventario.
- Los problemas pueden ser identificados inmediatamente.
- Se puede reaccionar a los problemas en menos tiempo comparado con el trabajo de lotes grandes.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Empacar y embarcar cantidades determinadas por el *pitch*.
- Otros factores determinantes en la cantidad a empaquetar:
 - Capacidades de peso o tamaño de los dispositivos de transporte (*conveyors*, montacargas, etcétera).
 - Una cantidad que se pueda manejar en la fábrica; crear un *pitch* que vaya acorde a la organización, considerando los volúmenes y el tipo de parte que se tiene.

5.3 *Takt image*: visualizando el flujo de una pieza

Para mantener el espíritu de la Manufactura esbelta, se debe creer en él y trabajar para llegar al estado ideal del flujo de una pieza, además de ponerse a prueba con cada compromiso que se hace. Se debe asegurar que se está haciendo todo lo posible para lograr el mejoramiento continuo que permitirá cum-

plir con las expectativas del estado ideal. Esta visión del estado ideal se llama *takt image*.

Takt image es la visión de un estado ideal en el cual se tienen que eliminar todos los desperdicios y mejorar en los puntos en donde se lleva a cabo el flujo de una pieza basándose en el *takt time*.

Takt image reta a la organización entera para alcanzar el más alto nivel. Por ejemplo, si se cuenta con 5 pasos de un proceso que se está tratando de mejorar a un *takt time* de 50 segundos. Para llegar al flujo continuo en tales procesos de múltiples operaciones, a pesar de todo, si se está produciendo pieza por pieza o en pequeños lotes, cada operación debe cumplir los 50 segundos o menos. Si al final de los cinco pasos del proceso, una operación de ensamble no puede producir una unidad en 50 segundos o menos, la habilidad para cumplir la demanda del consumidor deberá ser un compromiso a lograr. El entendimiento del *takt image* debe motivar a todos para hacer las mejoras necesarias para alcanzar el tiempo de ciclo tan rápido como sea posible. Sin un *takt image* claro, se corre el riesgo de que la gente desarrolle la actitud de "mañana lo haremos" (Tapping, *et al.*, 2002).

Puntos clave a tomar en cuenta:

- *Takt image* es el compromiso de la organización para llegar al estado ideal.
- *Takt image* es la visualización de la empresa sin desperdicio y con un flujo de una pieza por estación.
- Se tiene que tener en cuenta que todos en la organización deben estar comprometidos con esta visión para poder obtener el estado ideal que tanto se desea.
- *Takt image* no es sólo mostrar el estado ideal, sino que motiva a los involucrados para llegar a él.

5.4 Inventario amortiguador y de seguridad (*Buffer and Safety Inventories*)

El cliente siempre está primero. Cuando ordenan algo, debe estar disponible para embarcarse o se tiene el riesgo de perder el cliente. Si por alguna razón desconocida no se puede producir lo que el cliente quiere, se tiene como plan alternativo el contar con inventarios *buffers* o de seguridad.

El inventario *buffer* (*buffer inventory*) es usado cuando la demanda del cliente repentinamente se incrementa y el proceso de producción no es capaz de alcanzar al *takt time*. El inventario de seguridad, por otro lado, ayuda a protegerse de los problemas internos (problemas de calidad, confianza en los equipos, etcétera) con el fin de alcanzar la demanda (Tapping, *et al.*, 2002). Entonces, se puede decir que:

Inventario *buffer*. Los productos terminados están disponibles para alcanzar la demanda del mercado cuando el cliente hace órdenes extraordinarias o varían mucho (Figura 5.1).

Inventario de seguridad. Los productos terminados están disponibles para alcanzar la demanda del mercado cuando se tienen restricciones internas que interrumpen el flujo del proceso (Figura 5.1).

Para hacer un inventario *buffer* en el proceso, se recomiendan los siguientes pasos:

1. Seleccionar el proceso que tenga falta de partes.
2. Analizar las variaciones de los procesos; el promedio de los tiempos caídos.
3. Establecer la cantidad en el inventario, que deberá ser un promedio de los tiempos que duran los procesos o equipos caídos.

En cuanto la realización de un inventario *buffer* para productos terminados, se recomienda:

1. Elegir un producto en particular —un producto a la vez.
2. Determinar el promedio semanal de la demanda de los últimos dos o tres meses.
3. Tomar el volumen más alto de la demanda, después se le resta el promedio de la demanda semanal. Éste será el número de unidades que se deben mantener en un inventario *buffer*.

El cálculo del inventario de seguridad es igual que el inventario *buffer*, pero con un poco menos de tiempos caídos en los procesos o historial de la variación. Éste debe estar basado sobre las predicciones del tiempo caído de los procesos y el riesgo que desee tomar la organización.

Hacer este tipo de inventarios puede llevar días, pero mucho depende del tamaño, el tipo y giro de la organización. Habitualmente, reunir la información

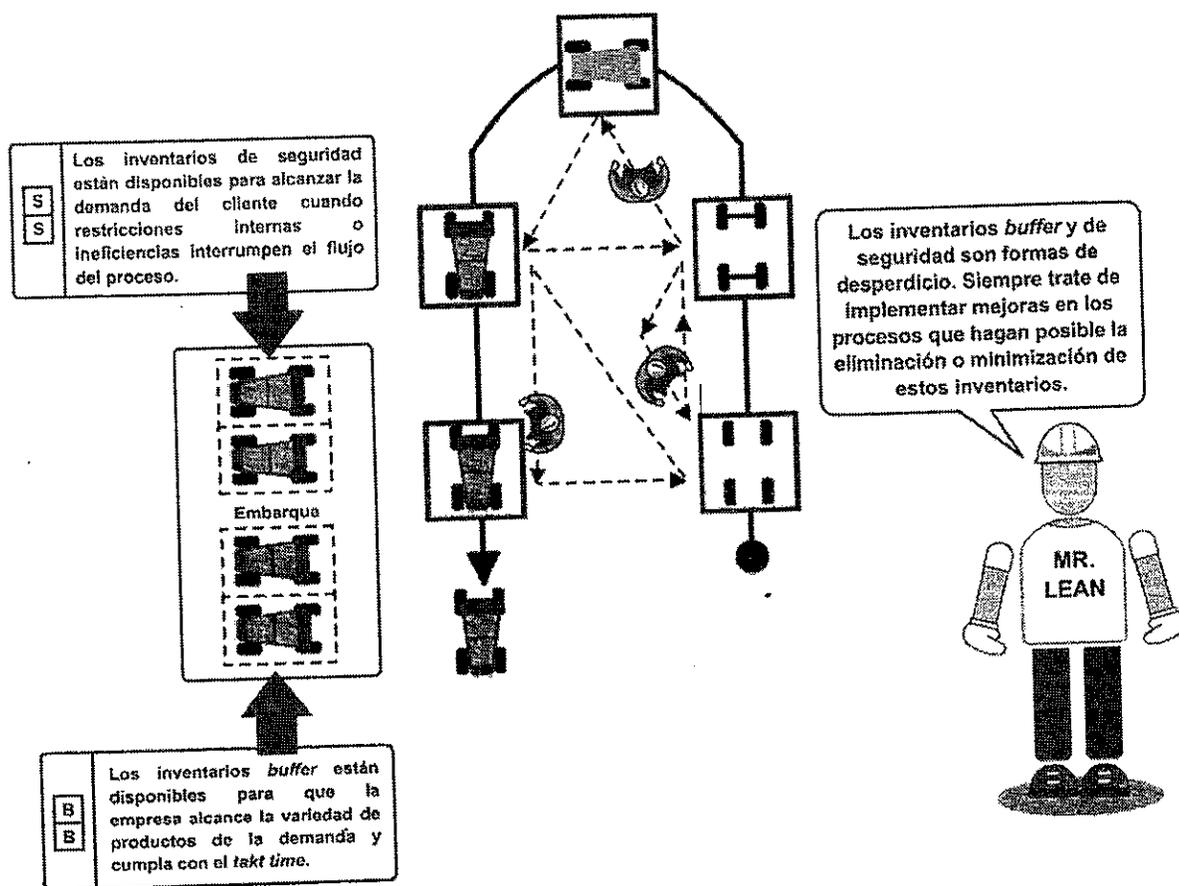


FIGURA 5.1. Inventario de seguridad y *buffer*.

y determinar el nivel de los inventarios toma unas horas. Para implementar los controles de los inventarios y el *kanban*, se requiere de dedicarle algunas horas por día, dependiendo del enfoque y la prioridad que se le dé al proyecto.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Estableciendo un inventario *buffer* y de seguridad, se puede alcanzar la demanda sin tener que programar tiempos extra esporádicos (Tapping, *et al.*, 2002).
- Estos dos tipos de inventarios se deben almacenar y manejar por separado, ya que existen por dos razones diferentes. El inventario de seguridad debe estar bajo llave, y solamente se usará cuando el gerente de planta o de producción lo decidan. Esto hará conciencia de las ineficiencias de los procesos. En tanto, el inventario *buffer* está disponible en piso para cumplir con la demanda del cliente.

- Además, se debe recordar que estos inventarios son un tipo de desperdicio. Es por eso que, conforme la demanda del cliente comience a ser más estable y mejore la confianza de los procesos y las operaciones, se deben revisar periódicamente estos inventarios para minimizarlos o eliminarlos.
- Estos inventarios están hechos para proteger a los clientes: el *buffer* para los clientes internos y el de seguridad para los clientes externos.

5.5 Supermercado de productos terminados

Las personas de embarques son los encargados de asegurarse de que los productos sean enviados. Los productos terminados deben estar disponibles para enviarse, ya sea desde el final de la línea de producción, desde un área de espera o desde un almacén (Tapping, *et al.*, 2002).

Cuando se habla de un área de espera, se habla de un supermercado de productos terminados, probablemente porque el *justo a tiempo* de Toyota está inspirado en los supermercados de hoy en día. Taiichi Ohno, quien inventó el *JIT (justo a tiempo)*, estaba fascinado con la idea de que el flujo físico de los productos terminara con espacios al estilo de estantes de supermercado. Él observó que, una vez que los clientes tomaban los productos de los estantes, el encargado resurtía los inventarios "jalando" de los proveedores lo que necesitaba.

Similarmente, en un supermercado de productos terminados, los artículos no son reemplazados hasta que son tomados; estos se mueven cuando el cliente los ordena. Este es el principio del sistema *jalar*, en el cual los artículos son surtidos cuando estos son removidos del supermercado de productos terminados.

Supermercado de producto terminado. Es un sistema usado para el envío de partes de productos terminados con el fin de cumplir con las órdenes de los clientes. Estos productos se almacenan hasta un cierto nivel establecido a través de máximos y mínimos, y se surten conforme son retirados del super-

mercado. Tal sistema es usado cuando no es posible establecer un flujo continuo puro (Tapping, et al., 2002). En la Figura 5.2 se puede apreciar un ejemplo de un supermercado de productos terminados.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Los supermercados de productos terminados son una de las bases para la implementación del *justo a tiempo*.
- Si se toma algo del supermercado, tiene que ser surtido inmediatamente por el proceso anterior con la misma cantidad que se tomó.
- Están basados en la demanda. Su buen uso evita inventarios entre los procesos.
- El supermercado no es sólo para los productos terminados. Estos se pueden usar para el trabajo en proceso en otras partes del mismo.

5.6 Andon

La Manufactura esbelta incrementa dramáticamente la importancia de hacer las cosas bien a la primera. Con bajos niveles de inventarios, no se tienen inventarios *buffer* de apoyo en caso de que se presente

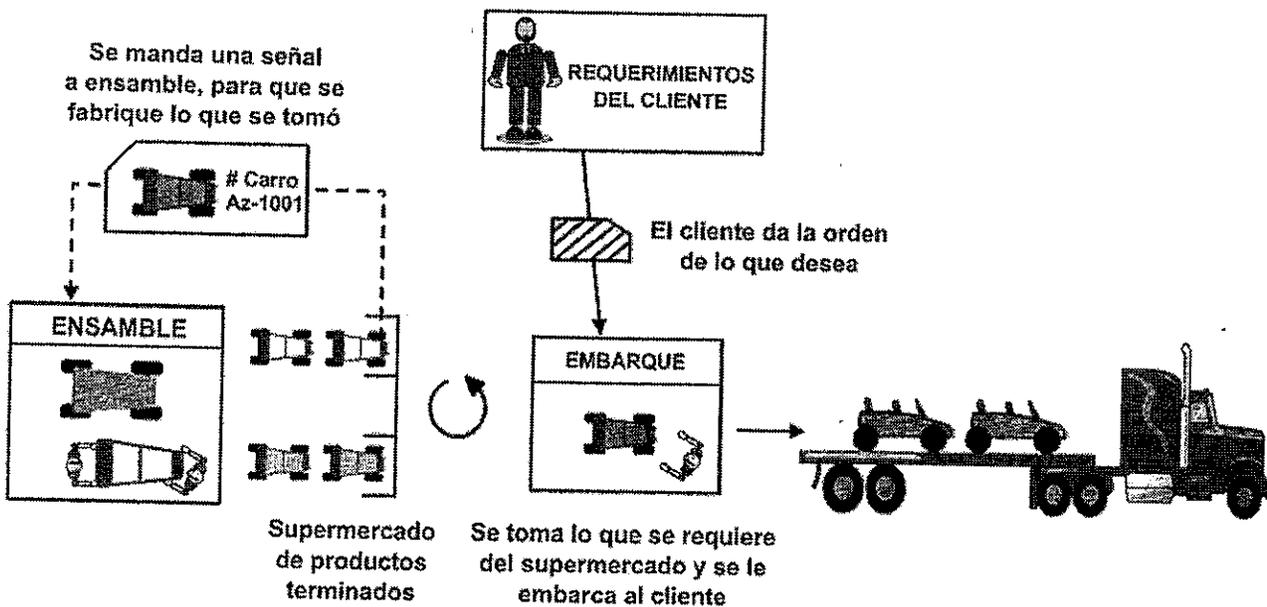


FIGURA 5.2. Supermercado de producto terminado.

NOTA: El nivel de inventario de supermercado no incluye los inventarios de seguridad y *buffer*.

un problema de calidad. Por ejemplo, los problemas en la operación A detienen inmediatamente la operación B, y cuando el equipo se detiene, banderas o luces, usualmente acompañadas con música o una alarma, son usadas como señal de ayuda ya que se necesita resolver un problema de calidad o proceso. Este sistema de señales es llamado *andon*. *Andon* se refiere a señales de luces para pedir ayuda (Liker, 2004).

El *andon* es una herramienta visual que muestra el estado actual de las operaciones, sólo con pasar por el lugar de trabajo. Básicamente, este sistema consiste de un tablero en una parte alta del área con indicadores de la estación. En cuanto una luz se enciende, es señal de que hay un problema; esta alarma o señal puede ser producida de forma manual o automática. La señal sirve para que se genere una ayuda inmediata, o bien, para que se tenga una retroalimentación (Figura 5.3).

Puntos clave a tomar en cuenta:

- El *andon* es una herramienta que forma parte del Sistema de producción *Toyota*.
- Este sistema funciona con base en luces o indicadores, acompañados de música o una alarma.
- El operador tiene la facultad de presionar el botón *andon* cuando ve que se presenta un error o defecto en la línea.

5.7 Paro del sistema en una posición fija (*Fixed Position Stop System*)

Este sistema es un método para direccionar los problemas en las líneas de producción, las cuales son detenidas en una posición fija mientras se termina el tiempo de ciclo de trabajo. El problema debe ser detectado y resuelto durante el tiempo de ciclo.

Cuando los competidores de *Toyota* finalmente comenzaron a usar el sistema *andon* de *Toyota*, cometieron el error de asumir que el sistema de paro de línea era para todas y cada una de las estaciones, así que, cuando presionaban el botón, esperaban que toda la línea de ensamble se parara de un solo golpe (Liker, 2004).

Como se ve en la Figura 5.4, cuando un operador presionaba el botón *andon* de la estación 2, la luz amarilla de la estación se prendía, pero la línea

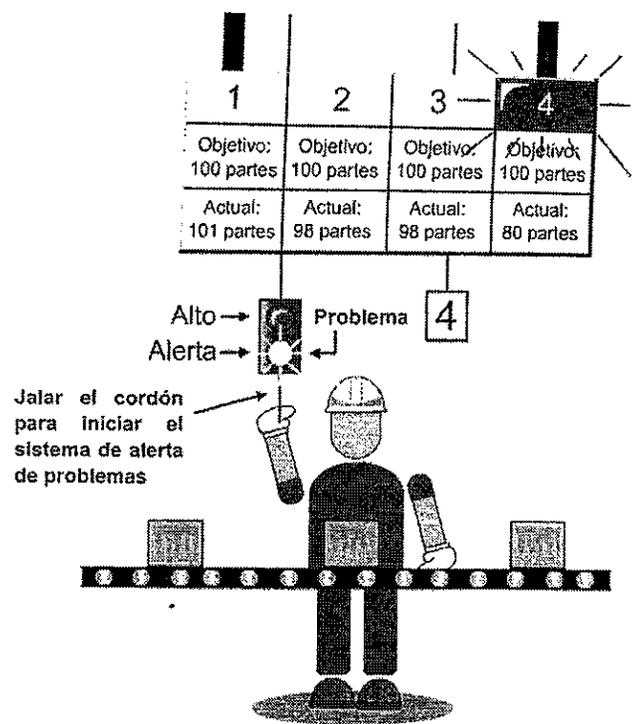


FIGURA 5.3. Sistema *andon*.

seguía moviéndose. Entonces, el líder del equipo se movía hasta la siguiente estación para responder al problema, antes de que el *andon* se tornara rojo y el segmento de línea se parara automáticamente. Esto duraba de 15 a 20 segundos en una línea de ensamble de autos, en donde, normalmente, se trabaja a uno por minuto. En ese tiempo, el líder del equipo debe arreglar el problema inmediatamente o ver si puede arreglarlo mientras el carro se está moviendo dentro de la otra estación y presionar el botón de nuevo, cancelando el paro de la línea. También puede ocurrir que el líder del equipo concluya que la línea se debe de parar. El líder del equipo debe ser entrenado cuidadosamente en los procedimientos sobre cómo responder a los llamados *andon*.

La línea de ensamble está dividida en varios segmentos con pequeños inventarios *buffer* de carros entre éstos (típicamente contienen entre 7 y 10 carros). Debido a que se usa el inventario *buffer*, cuando un segmento de línea se detiene, el otro segmento puede continuar trabajando por un periodo de entre 7 o 10 minutos antes de que también pare, y así consecutivamente. Es muy raro que toda la plan-

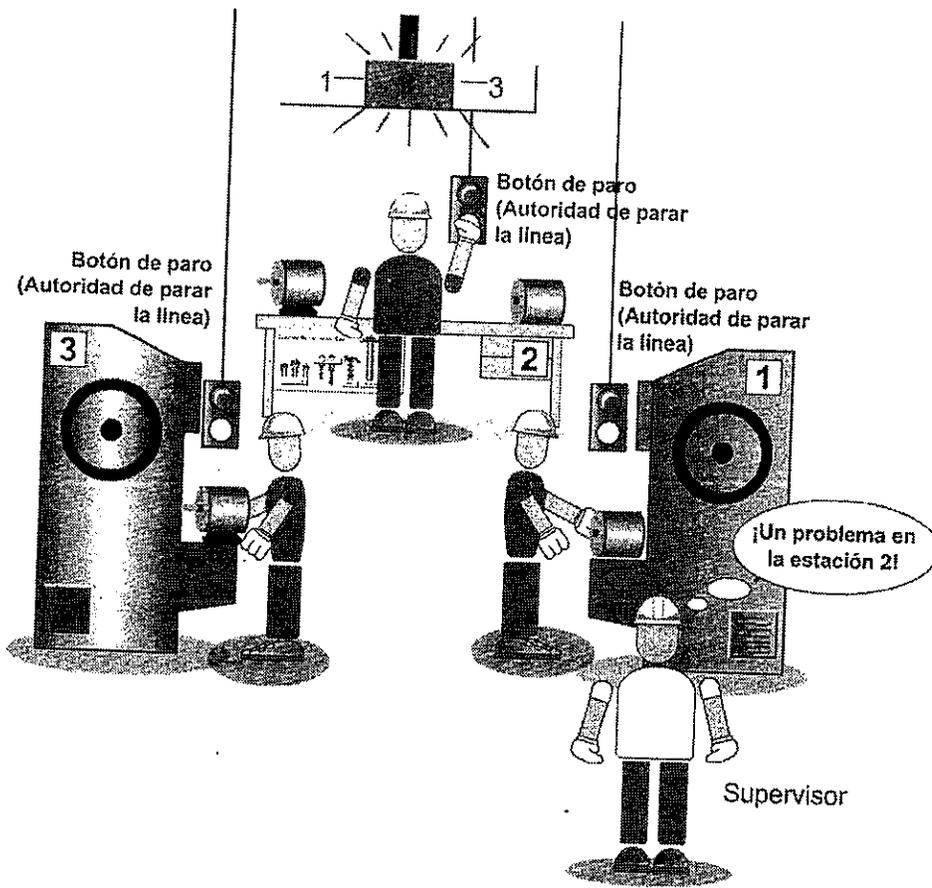


FIGURA 5.4. Paro del sistema en posición fija.

ta pare. *Toyota* ejecuta el *andon* sin tomar riesgos innecesarios que les haga perder la producción.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Este sistema funciona con base en luces o indicadores, acompañados de música o una alarma.
- El operador tiene la facultad de presionar el botón cuando ve que se presenta un error o defecto en la línea.
- El líder del equipo está para ayudar a los operadores a resolver los problemas. Éste debe estar bien entrenado para saber qué tipo de decisión tomar cuando se presenten los problemas.
- La línea de producción debe estar separada en segmentos independientes, además de contar con un inventario *buffer*, que les permita seguir funcionando por unos minutos más antes de pararse.
- Cuando se presenta un problema, la línea se sigue

moviendo; si no se puede resolver mientras se mueve la línea, entonces se deberá parar ese segmento. Esta decisión la toma el líder del equipo.

5.8 Mapeo de proceso (*Value Stream Mapping*)

El mapa de valor contiene todas las acciones (tanto las que agregan y no agregan valor) requeridas para producir un producto: desde la materia prima, hasta llegar a las manos del cliente. El mapeo de procesos o *Value Stream Mapping* se enfoca más al flujo de la producción.

Para hacer un mapeo de proceso se requiere de lápiz y papel, los cuales le ayudarán a ver y entender el flujo de materiales e información que se requieren para hacer un producto a través de su camino por el *value stream* o proceso.

5.8.1 ¿Por qué el mapeo de proceso es una herramienta esencial?

- Ayuda a visualizar más de un nivel de procesos de producción. Se puede apreciar el flujo.
- Ayuda a apreciar más desperdicios. Mapear ayuda a localizar las fuentes de desperdicios en el proceso.
- Provee un lenguaje común para hablar sobre procesos de manufactura.
- Ayuda a tomar decisiones acerca del flujo. Por otro lado, muchos detalles y decisiones en el piso suceden por sí solas.
- Une los conceptos y técnicas de la Manufactura esbelta.
- Forma la base para un plan de implementación. Ayuda a diseñar cómo el flujo de puerta a puerta debe operar. El *value stream mapping* se convierte en un borrador o anteproyecto para la implementación de la Manufactura esbelta.
- Muestra las conexiones entre el flujo de la información y de materiales. Ninguna otra herramienta hace esto.
- Es mucho más útil que las herramientas cuantitativas y diagramas de *layout*, que producen una copia de los pasos que no agregan valor, tiempos de entregas, distancias recorridas, cantidad de inventarios y muchas más cosas. El mapeo de procesos es una herramienta cualitativa que describe a detalle cómo debe operar su empresa para crear valor. Los números son bienes para crear la sensación de urgencia, o bien, se pueden interpretar como medibles de antes y después. El mapeo del proceso es una herramienta que describe qué se tiene que hacer para afectar a esos números.

5.8.2 Usando el mapeo como una herramienta

Inicialmente, el mapeo de procesos sigue los pasos que se muestran en la Figura 5.5. Se puede apreciar que "mapa de procesos estado futuro" está resaltado, pero la meta es diseñar e introducir la manufactura esbelta al mapeo de procesos. Un mapa de proceso del estado actual sin su estado futuro no sirve de mucho. El mapa del proceso estado futuro es lo más importante.

Antes de iniciar la elaboración del estado actual, se requiere crear un compromiso por parte de la alta gerencia con la implementación de la Manufactura

esbelta. Después, se debe elegir el proceso o producto que más importancia tenga para sus clientes finales. El siguiente paso es aprender conceptos básicos de la Manufactura esbelta, con el fin de tener una mejor perspectiva del trabajo que se está realizando.

El cuarto paso es dibujar el estado actual, el cual se hace reuniendo información del piso de producción. Este provee información que se requiere para desarrollar el mapa de estado futuro. Se puede ver que las flechas entre el estado actual y futuro van en ambos sentidos, indicando que, al desarrollar el mapa del estado actual y futuro, se está haciendo un mismo esfuerzo. Las ideas del estado futuro pueden surgir conforme se dibuja el estado actual. Asimismo, dibujar el estado futuro (sexto paso) muchas veces ayuda a localizar puntos importantes del estado futuro que se debe alcanzar. En medio de estos pasos, se tiene la creación de medibles, que es el quinto paso, los cuales permitirán ir midiendo el avance de puntos claves.

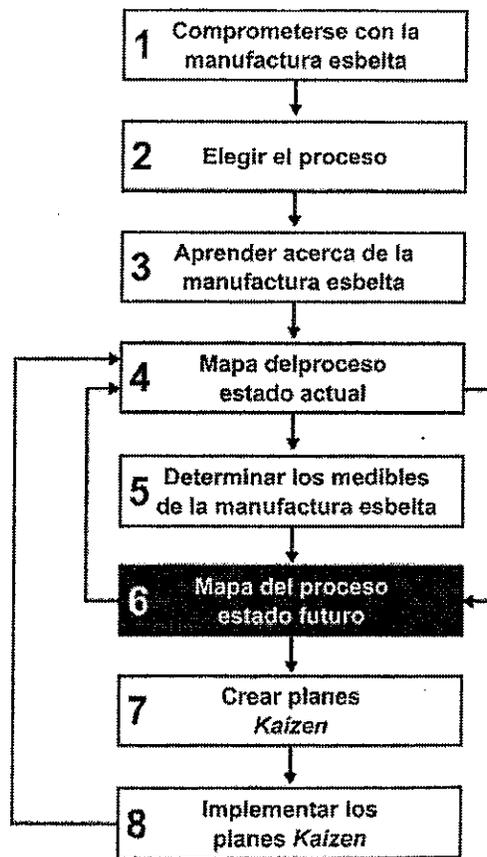


FIGURA 5.5. Pasos para un mapeo de procesos.

El séptimo paso es la creación de planes *kaizen*, que son los pasos para alcanzar el estado futuro. El último paso es la implementación de los planes *kaizen*. Cuando el estado futuro se alcance, se requiere dibujar otro mapa con un nuevo estado futuro, con el fin de seguir con el mejoramiento continuo.

Un punto importante es que para hacer el mapa del proceso no se requiere mucho tiempo, sino alrededor de tres a cuatro días. Cuando se tiene el mapa con el estado actual y futuro, se tiene un punto de partida para la creación de planes *kaizen*. No ponga mucho esmero en su mapa de estado futuro; éste lo puede ir perfeccionando conforme se da la implementación de los planes *kaizen*. La clave está en tener el punto de inicio y la eliminación de desperdicio como base en todo este proceso.

5.8.3 Pasos de mapeo de procesos

5.8.3.1 COMPROMETERSE CON LA MANUFACTURA ESBELTA

La clave de este punto es que la alta gerencia asimile el concepto de la Manufactura esbelta para que, posteriormente, logre que su personal también jale o asimile el concepto. Si esto no sucede, será imposible o requerirá de un gran trabajo en el proceso de implementación. Otro punto importante es saber involucrar a la gente, darle lo que requiere cuando lo pide; no hay que olvidar que es primordial saber guiarlos por el camino de la Manufactura esbelta.

Cuando la alta gerencia asimila el concepto y se compromete con él, se perciben señales como las siguientes: se establece y se mantiene claramente la meta; el departamento de recursos humanos se compromete con liderar las actividades diarias de la Manufactura esbelta; la alta gerencia se asegura que todo el personal se involucre; existe comunicación constante con el equipo y se monitorean las actividades; participa activamente durante el proceso del mapa de valor, entre otras actividades.

Si la alta gerencia no se está involucrando, se puede detectar por lo siguiente: repetidamente pospone las juntas; no atiende o no se comunica con el equipo encargado del proyecto; muestra poco interés en lo que está haciendo el equipo o se comunica éste esporádicamente; no provee ningún incentivo adicional o premios; espera que esto sea otro proceso

de mejora para alcanzar algunas metas corporativas, entre otras acciones que se notan inmediatamente.

5.8.3.2 ELEGIR EL PROCESO

Familia de productos

Aquí se pretende agrupar a los productos que se manejan dentro de los procesos en familias, con el fin de conocer cuáles productos pasan por los mismos procesos, e ir creando una idea de cómo será la realización de los mapas y de cómo hacer un mejor uso de los recursos con los que se cuentan.

En general, no se debe tratar de distinguir una familia de productos con sólo mirar los pasos del proceso, el cual tal vez servirá a muchas familias de productos en modo de lotes. Escribir claramente qué familia de productos es seleccionada, cuántos números de partes diferentes hay en la familia, qué tantos productos quiere el cliente y qué tan frecuentemente los requiere.

Los renglones son para los productos y las columnas para las máquinas o procesos. Se debe indicar cada célula o proceso si es que el producto requiere de ese proceso o máquina (Figura 5.6).

		Pasos necesarios y equipo									
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Modelos a fabricar	A-1	X	X	X	X	X	X	X	X		Familia A
	A-2	X	X	X	X	X	X	X	X		
	A-3	X	X	X	X	X	X	X	X		
	B-1		X	X	X	X	X	X	X	X	Familia B
	B-2		X	X	X	X	X	X	X	X	
	C-1	X		X		X	X	X	X		Familia C
C-2	X		X		X	X	X	X			

FIGURA 5.6. Familia de productos.

Si el proceso no se presta para que se defina claramente cuál es el proceso importante, entonces se pueden emplear dos técnicas para hacerlo:

Análisis Producto-Cantidad (PC). Se puede iniciar con este análisis para ver los números de partes que más corren dentro de la empresa y hacer una elección de los que son más obvios. Básicamente, es tomar la producción de los últimos seis meses y, mediante un diagrama de Pareto, ver cuál es el

80:20, para elegir el o los productos con los cuales se trabajarán.

Análisis Producto-Ruta (PR). En caso de que en el análisis PC se tuviera una relación de 40:60, se recomienda que se use el análisis de producto-ruta. Aquí se hace una matriz con los procesos por donde pasan los productos para conocer las coincidencias de máquinas y procesos entre éstos, y poder crear las familias con el fin de elegir el o los productos con los cuales se trabajarán.

Otros puntos a considerar

- Elegir un mapa del proceso no muy complejo ni muy simple.
- Elegir un mapa del proceso que incluya no más de una máquina por operación.
- Elegir un mapa del proceso que incluya no más de 3 proveedores de materia prima.
- Elegir un mapa del proceso que incluya no más de 12 operaciones o estaciones de procesos.

5.8.3.3 APRENDER ACERCA DE LA MANUFACTURA ESBELTA

Antes de iniciar con la elaboración de mapas, se deben aprender algunos conceptos básicos de la manufactura esbelta, esto con el fin de tener una mejor perspectiva del trabajo que se está realizando.

Se recomienda aprender lo siguiente:

- El principio de la reducción de costos.
- Los siete desperdicios.
- Los dos pilares del Sistema de producción *Toyota: justo a tiempo y jidoka*.
- Las 5 S.
- Fábrica visual.
- Los tres niveles para la aplicación de la Manufactura esbelta: demanda, flujo y nivelación.

5.8.3.4 MAPEAR EL ESTADO ACTUAL

En este paso es cuando se trabaja directamente en el piso de producción y se obtienen los datos necesarios del *value stream* seleccionado, con el fin de empezar la elaboración del mapa.

Antes de empezar, revisa los siguientes consejos para el mapeo:

- Siempre recolecte la información para el estado actual mientras camina a lo largo del proceso que recorre el flujo de materiales e información.

- Inicie con una rápida caminata a lo largo de todo el proceso de puerta a puerta.
- Vaya al piso de producción, inicie con las últimas operaciones y comience a recolectar información. Inicie con embarque final.
- Deténgase y observe, no confíe en los tiempos estándar o de información que no obtenga personalmente.
- El mapeo del proceso debe hacerlo una sola persona.
- Reúnanse lejos del piso de producción para compartir los resultados de la información recolectada y asegurarse de que ésta haya sido la correcta.
- Siempre dibuje a lápiz. Para esto se recomienda usar una hoja tamaño A3 o doble carta.
- Trabaja en un cuarto de conferencia como un equipo y ve dibujando el borrador del mapa en un pizarrón blanco.

Para la elaboración del mapa del proceso estado actual se recomienda llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Reunir tantos datos como sea posible y revisar los pasos básicos de producción antes de ir a piso.
2. Comunicar a todas las áreas el propósito y las actividades.
3. Utilizar los iconos para dibujar el estado actual del proceso, listando los principales procesos, equipos, proveedores, clientes, control de la producción y de los subcontratistas (*outsourcing*). A continuación se tiene una lista de iconos a utilizar (Figura 5.7).
4. Ir al piso de producción para iniciar con los procesos (por ejemplo, embarque) y coleccionar los atributos del proceso actual como el tiempo de ciclo, cambios entre procesos, velocidad de la línea, disponibilidad del equipo (*uptime*), número de operadores, cantidad de inventarios, etcétera. Reunir datos en un lugar específico y no en las computadoras de los departamentos.
5. Presentarse con los operadores, enseñarles qué se está haciendo, preguntarles acerca de sus operaciones e involucrarlos en el proceso. Si se requiere un tiempo de ciclo o el tiempo de un cambio, también se le debe explicar al operador por qué se le está observando.

6. Identificar los atributos de cada paso del proceso y tratar de mostrarlos dentro del mapa.
7. Cuando se dibujen los flujos, dibujar tanto el de materiales como el de información. Pensar en términos de flujo hacia adelante y hacia atrás.
8. Lejos del piso de producción, analice la información recolectada. Si no llega a un consenso con los involucrados, se requerirán cambios más adelante.
9. Pasar la información al mapa del proceso:
 - a. Dibujar los iconos que representen al cliente, los proveedores y el control de la producción.
 - b. Dibujar la caja de información al icono del cliente, así como los requerimientos de éste.
 - c. Colocar la información de la entrega de materia prima y embarque de producto terminado.
 - d. Dibujar los procesos de manufactura en la parte inferior del mapa, de izquierda a derecha, además de colocar la línea de tiempo.
- e. Llenar las cajas de información con los atributos del proceso.
- f. Colocar el flujo de la información, tanto la manual como la electrónica.
- g. Dibujar los iconos de inventarios entre los procesos en donde se tienen acumulamientos de materiales.
- h. Dibujar los iconos de jalar, empujar y *FIFO*.
10. En la parte inferior del mapa, dibujar la línea del tiempo. En ésta se colocará el tiempo que dura un producto en inventarios (en días) y los ciclos de tiempos (en segundos). Al final se sumarán todos los ciclos de tiempo, para sacar el tiempo del proceso. También se sumarán todos los días de inventarios así como los tiempos del ciclo, para obtener

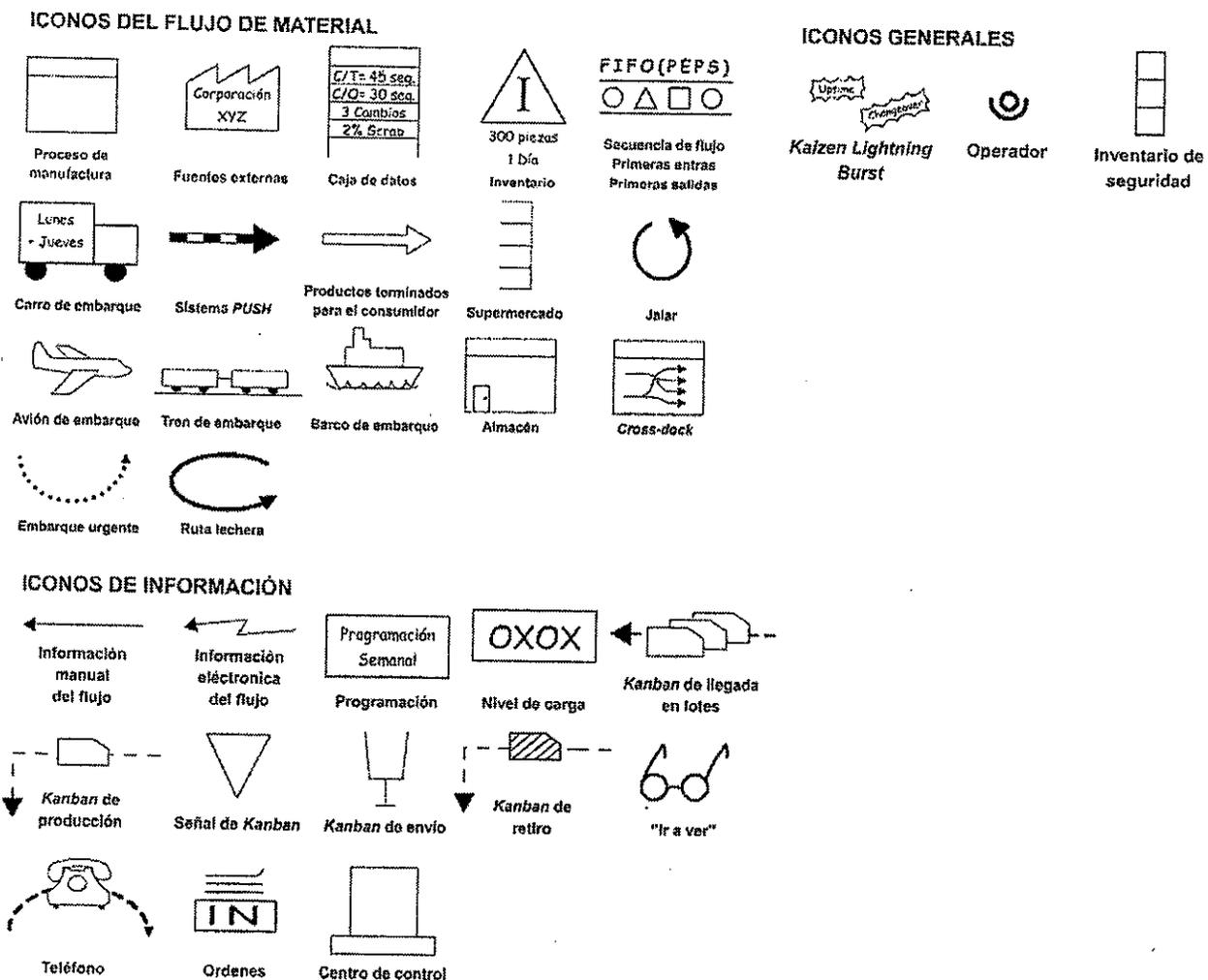


FIGURA 5.7. Iconos del mapeo del proceso.

ner el tiempo de entrega de producción.

Un ejemplo de un mapa del proceso estado actual se muestra en la Figura 5.8.

5.8.3.5 DETERMINAR LOS MEDIBLES DE LA MANUFACTURA ESBELTA

Con el estado actual documentado, se pasa a identificar los medibles de la Manufactura esbelta. Estos son los pasos para identificarlos:

1. Revisar la lista de medibles comunes y las metas específicas del cliente u otras metas de mejoras documentadas por los equipos.
2. Iniciar el intercambio de información con la gerencia para asegurarse de que están de acuerdo y comprometidos con los medibles por establecer.
3. Determinar exactamente cómo se van a calcular los medibles.
4. Calcular la línea base de los medibles de los datos recolectados durante la creación del mapa del estado actual, y colocarlos en el pizarrón.
5. Se deben determinar las metas de los medibles cuando se establezca el plan para llegar al estado futuro.

5.8.3.6 MAPEAR EL ESTADO FUTURO

Las preguntas claves para el mapa de estado futuro.

1. ¿Qué es el *takt time*?
2. ¿Se deberán construir supermercados de productos terminados y que los clientes *jalen* lo que necesitan de ahí, o directamente embarcar los productos?
3. ¿En dónde se puede usar el flujo continuo, en los procesos?
4. ¿En dónde se requiere usar sistemas de supermercados para controlar la producción de los procesos?
5. ¿En qué punto del proceso en la cadena de producción (el proceso que marca el paso) se debe programar la producción?
6. ¿Cómo nivelar la producción mezclada para el proceso que marca el paso (*pacemaker*)?
7. ¿Cómo incrementar el trabajo de una forma constante, evitando perjudicar al proceso que marca el paso?

8. ¿Qué mejoras del proceso son necesarias para el flujo conforme a las especificaciones del diseño del estado futuro?

Los pasos para la elaboración de este mapa son los siguientes:

1. Dibujar los iconos que representen al cliente, los proveedores y el control de la producción.
2. Colocar la información de la entrega de materia prima y embarque de producto terminado.
3. Enfocarse en la demanda, para ello se requiere determinar: el *takt time* y el *pitch*; si se puede alcanzar la demanda con el método de producción actual; si se requieren inventarios *buffers* o de seguridad; si se necesitan supermercados de productos terminados; y cuál método de mejora debe usarse.
4. Enfocarse en el flujo continuo. Para ello se requiere: balancear la línea de producción, planear el trabajo en células, determinar cómo controlar la producción y el método de mejora a implementar.
5. Enfocarse en la nivelación de la producción: decidir el mejor método para monitorear la producción contra las ventas (esto mediante el uso de retiros constantes o un sistema *heijunka*, un sistema *kanban* si es necesario), determinar la ruta del *runner* (quién maneja el material) así como mapear todo el flujo de la información y materiales, y determinar el método de mejora que se habrá de implementar.

Conforme se le vaya dando respuesta a cada una de las preguntas, y siguiendo los pasos para la elaboración del mapa, se irá planteando el camino para dibujar el mapa de estado futuro del proceso a estudiar. Un ejemplo de un mapa futuro se puede apreciar en la Figura 5.9. Dentro de este ejemplo, se tiene el *EPEX (Every Part Every Interval)*, el cual constituye el periodo de producción de una parte.

5.8.3.7 CREAR PLANES KAIZEN

Se recomiendan los siguientes pasos para llevar a cabo este proceso:

1. Revisar el mapa del estado futuro y crear un plan de *kaizen* mensualmente, con el fin de alcanzar el estado futuro propuesto.

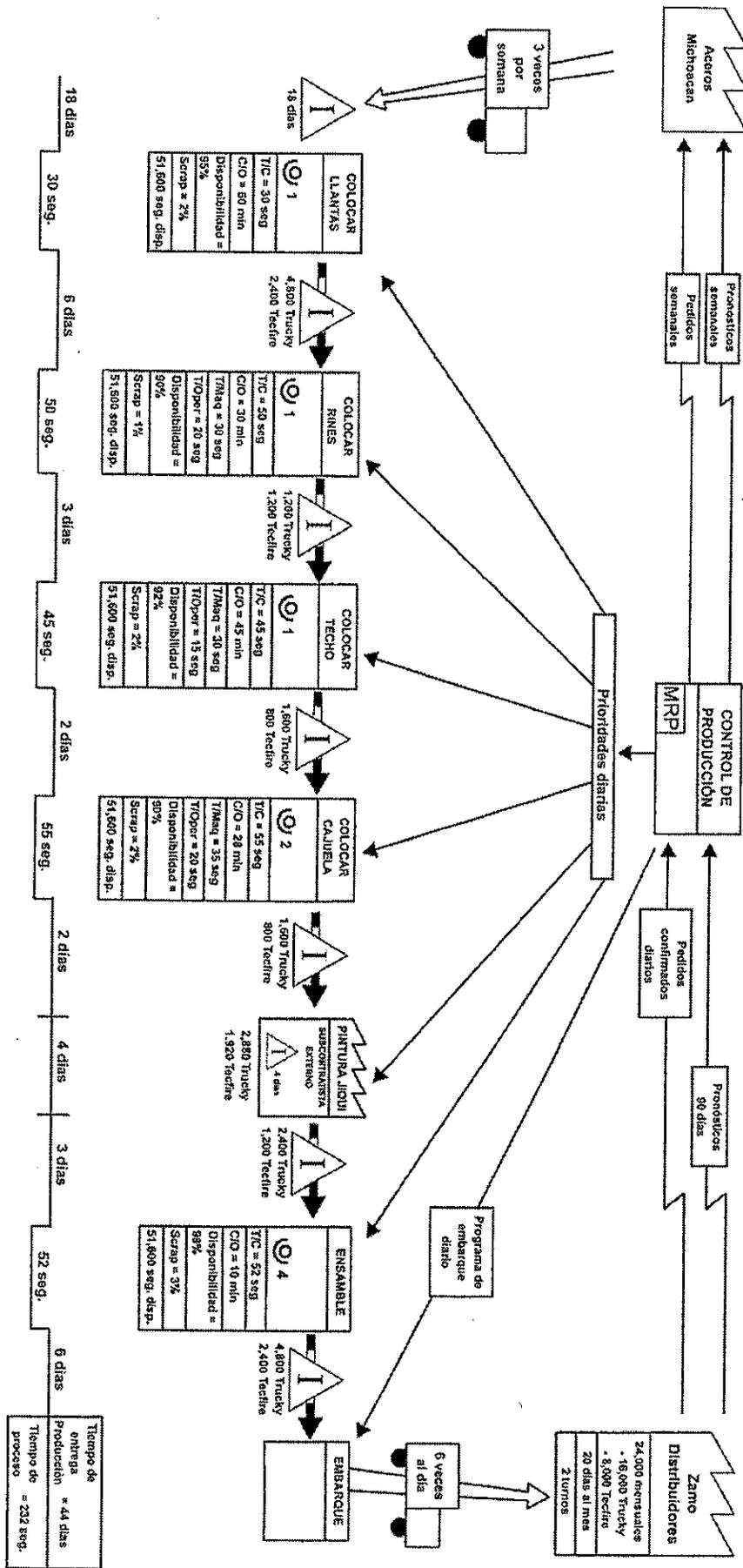


FIGURA 5.8. Mapa del proceso, estado actual (Rother y Shook, 1999).x

2. Determinar el seguimiento para cada actividad *kaizen* y crear un diagrama de seguimiento *kaizen*.
3. Completar el pizarrón del mapeo del proceso (Figura 5.10).
4. Obtener la aprobación de la gerencia del plan de *kaizen* a través del *catchball* (proceso de intercambio entre el equipo y la administración para llegar a un acuerdo).

5.8.3.8 IMPLEMENTAR LOS PLANES KAIZEN

Hasta el momento, todo ha sido planear y preparar la implementación, lo cual se hace en esta etapa. El cambio es difícil para muchas personas, y es por eso que aquí se dan unas recomendaciones para poder lidiar con ese aspecto tan importante (Rother y Shook, 1999):

- Comuníquese, comuníquese, comuníquese.
- Enfrentese con el comportamiento negativo al inicio de la implementación.
- No permita que un problema detenga el proceso.
- Considere cada evento *kaizen* un experimento.
- Premie y reconozca el esfuerzo de la gente, practique el respeto y confianza mutua, y trate a la gente con honestidad e integridad cada día.
- Esté presente.
- Sea flexible.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- El mapeo de procesos es una herramienta importante en la implementación de la Manufactura esbelta. Muchos la consideran una base en la eliminación de desperdicios.
- Es necesario involucrar y compartir con las personas los mapas del estado actual y futuro, no sólo con la gerencia.

- Una sola persona debe dibujar el mapa del estado actual. Se recomienda hacer los borradores de los mapas de estado actual y futuro del proceso en lápiz y papel; después, pasarlos a pizarrones blancos o algún otro formato en donde se aprecien bien y se puedan hacer modificaciones.
- Se puede crear un mapa muy bueno, pero hacer lo siguiente es más importante: tener a las personas correctas involucradas y asegurarse de que haya buena comunicación y de que vaya bien la implementación.
- Siempre dibujar primero al cliente, después a los proveedores, a los procesos, al flujo de materiales e información y, al final, la línea de tiempo.
- Incluso el mejor mapeo del proceso, si no está bien implementado o mantenido, si se excluyó a las personas clave y no se tuvo la comunicación correcta ni el seguimiento adecuado, está destinado al fracaso. Entonces, hay que implementar, implementar, implementar.
- Debe entenderse primero en dónde se encuentra, antes de decir hacia dónde se quiere ir.
- Enfóquese en la información más confiable y útil.
- No use información estándar, vaya al piso de producción y obtenga los datos.
- No se precipite, haga todo con calma para que salga bien a la primera vez.
- Para los mapas, use los iconos.
- Sea realista con las fechas al momento de establecer un plan de implementación *kaizen*.
- La actitud al cambio que las personas presenten es el punto que marcará el ritmo de implementación.
- Mantenga una visión de lo que desea lograr.

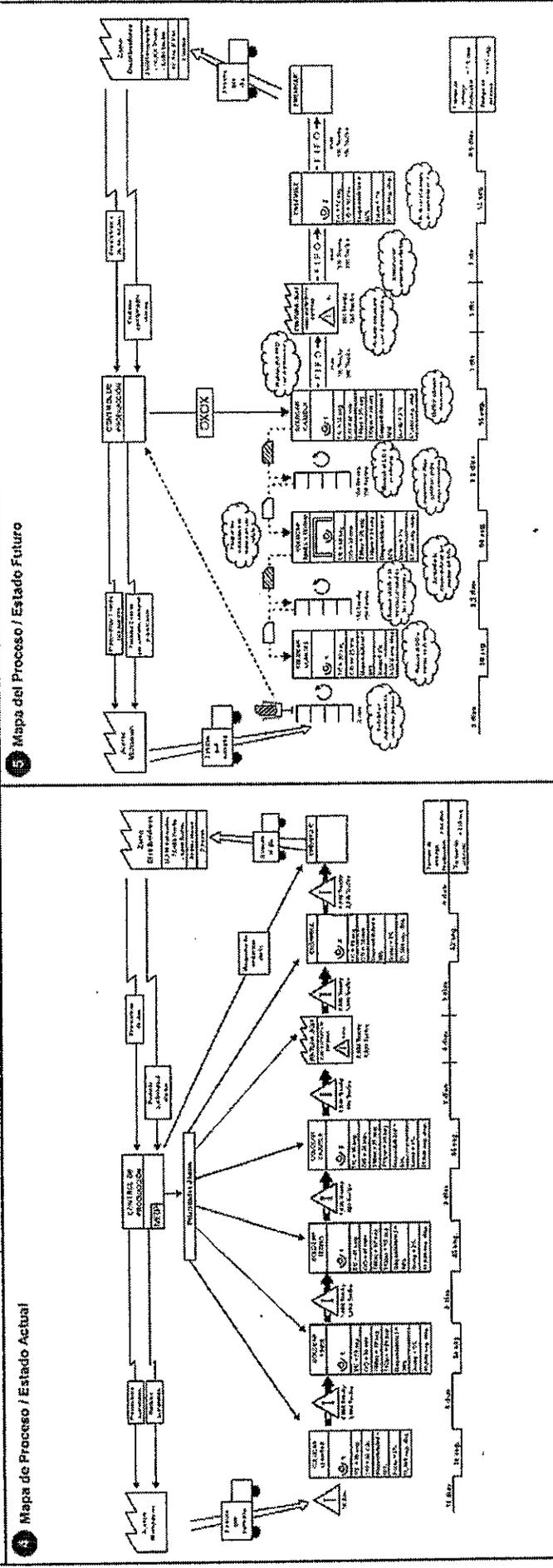
Fecha: 4/ Septiembre/2008
Tec. Producción: System²
Lider: Pablo García

Equipo: Argilina Rosales, Juan Mendiz, Eduardo Escobar, Patricia Delgado, José Cols.

Iconos:
 1. Cliente
 2. Máquina
 3. Operario
 4. Material
 5. Inventario
 6. Proceso
 7. Transporte
 8. Almacén
 9. Fuente de Energía
 10. Fuente de Información
 11. Fuente de Materiales
 12. Fuente de Mano de Obra
 13. Fuente de Mantenimiento
 14. Fuente de Medios
 15. Fuente de Métodos
 16. Fuente de Medios de Transporte
 17. Fuente de Medios de Almacenamiento
 18. Fuente de Medios de Información
 19. Fuente de Medios de Mano de Obra
 20. Fuente de Medios de Mantenimiento
 21. Fuente de Medios de Medios
 22. Fuente de Medios de Métodos
 23. Fuente de Medios de Medios de Transporte
 24. Fuente de Medios de Medios de Almacenamiento
 25. Fuente de Medios de Medios de Información
 26. Fuente de Medios de Medios de Mano de Obra
 27. Fuente de Medios de Medios de Mantenimiento
 28. Fuente de Medios de Medios de Medios
 29. Fuente de Medios de Medios de Métodos
 30. Fuente de Medios de Medios de Medios de Transporte
 31. Fuente de Medios de Medios de Medios de Almacenamiento
 32. Fuente de Medios de Medios de Medios de Información
 33. Fuente de Medios de Medios de Medios de Mano de Obra
 34. Fuente de Medios de Medios de Medios de Mantenimiento
 35. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios
 36. Fuente de Medios de Medios de Medios de Métodos
 37. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios de Transporte
 38. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios de Almacenamiento
 39. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios de Información
 40. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios de Mano de Obra
 41. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios de Mantenimiento
 42. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios de Medios
 43. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios de Métodos
 44. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios de Medios de Transporte
 45. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios de Medios de Almacenamiento
 46. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios de Medios de Información
 47. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios de Medios de Mano de Obra
 48. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios de Medios de Mantenimiento
 49. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios de Medios de Medios
 50. Fuente de Medios de Medios de Medios de Medios de Medios de Métodos

Situación Actual:
 a) Sistema de empujar.
 b) No existe lead time.
 c) No hay flujo continuo.
 d) Inventarios entre procesos.

Metas a alcanzar:
 a) Implementar FIFO con el proveedor.
 b) Reducir el número de operadores.
 c) Implementar empujones diarios.
 d) Kaitzen del layout.
 e) Aumentar disponibilidad en máquinas.
 f) CIO Kaizen.
 g) Sistema de kaitzen.
 h) Desarrollar proveedores.
 i) Sistema de kaitzen para mallas primas.



Medidas:

Actual	44 días	WP	30.000	232 seg.	88%	35	9	90%
Objetivo	7.5 días	WP	2.700	197 seg.	100%	< 10	5	95%

Actividades Kaizen:

Tarea	Medible	Persona Responsable	Fecha Objetivo	Septiembre	Octubre	Noviembre
1. Implementar FIFO con el proveedor	WP	Juan	20/10	13	20	27
2. Reducir el número de operadores	Operadores	Argilina	20/10	13	20	27
3. Implementar flujo continuo	WP	Eduardo	30/10	13	20	27
4. Kaitzen en los cambios de set-up	Minutos	Lourdes	30/10	13	20	27
5. Aumentar disponibilidad de máquinas	%	Patricia	30/10	13	20	27
6. Revisión						

FIGURA 5.10. Pizarrón del mapa del proceso.

6. Flujo continuo

Flujo, como lo definen Womack y Jones (1996), "es el mejoramiento progresivo de las actividades a través de toda la cadena de valor, desde los procedimientos del diseño hasta el lanzamiento del producto, desde ordenar hasta entregar, y desde la materia prima hasta las manos del cliente sin paros, desperdicios o rechazos".

Después de haber visto las herramientas que lograrán estabilizar la demanda e idear un sistema que permita alcanzarla, ahora se requiere trabajar en el flujo con el fin de asegurarse de recibir las partes correctas en el tiempo indicado y en las cantidades requeridas.

Es por ello que, como lo mencionan Womack y Jones (1996), una de las alternativas de la Manufactura esbelta es redefinir todas las funciones de trabajo, de los departamentos y de la organización, para hacer una contribución positiva a la creación de valor y hablar de las necesidades reales de los operadores en todos los procesos. Será entonces cuando se presente un verdadero interés por crear un flujo que agregue valor.

Por tanto, se podría decir que se puede establecer un plan de trabajo y comenzar con los cambios necesarios para establecer un flujo continuo dentro de la planta, y así responder a preguntas tales como: ¿en dónde se puede aplicar el flujo continuo?, ¿qué tipo de nivelación se necesita en el flujo del proceso?, ¿de una pieza?, ¿de lotes pequeños?, ¿qué tipo de diseño de célula favorece al flujo?, ¿cómo controlar la producción de los procesos que siguen?, ¿utilizando supermercados dentro del proceso?, ¿con el uso de *kanbans*?, ¿qué otro método ayudará a alcanzar el flujo continuo?, ¿el uso del *SMED*?, etcétera.

A continuación, se muestran las herramientas necesarias para establecer el flujo dentro del proceso.

6.1 Flujo continuo

El flujo continuo se puede resumir en un simple enunciado: "mover uno, hacer uno" (o "mover un pequeño

lote, hacer un pequeño lote"). Entender el flujo continuo es crítico para la Manufactura esbelta y para asegurarse de que las operaciones nunca harán más de lo que se haya demandando. De esta forma, nunca se producirá más de lo que el cliente pida (Tapping, *et al.*, 2002) (Figura 6.1).

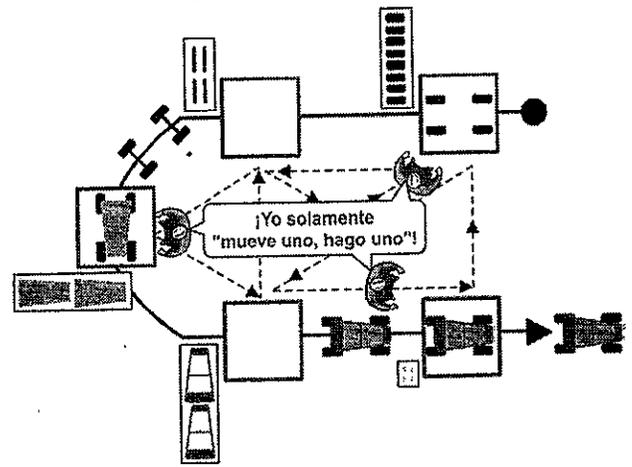


FIGURA 6.1. Flujo continuo. "Mover uno, hacer uno".

El procesamiento con flujo continuo implica producir o transportar productos de acuerdo con tres principios clave:

- Solamente lo que se necesita.
- Justo cuando se necesita.
- En la cantidad exacta que se necesita.

Se producirá una pieza o un pequeño lote por las operaciones solamente después de que sea movida o *jalada* una pieza o un pequeño lote. A esto también se le conoce como *sistema de producción jalar*. Jalar la producción es más rápido que los lotes o "empujar" la producción (Figura 6.2). Un sistema de *jalar* controla el flujo entre las operaciones y elimina la necesidad de programar la producción.

Ventajas del flujo continuo:

- Tiempos de entrega más cortos.
- Reducción drástica de los inventarios de trabajo en proceso (*WIP*).

- Habilidad para identificar los problemas y arreglarlos rápidamente.
- La programación de la producción tradicional queda obsoleta.

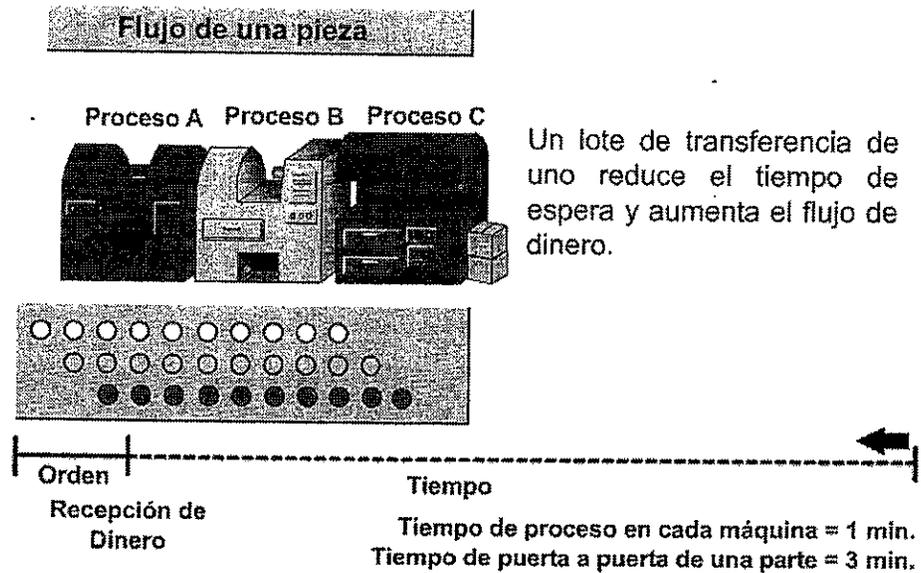
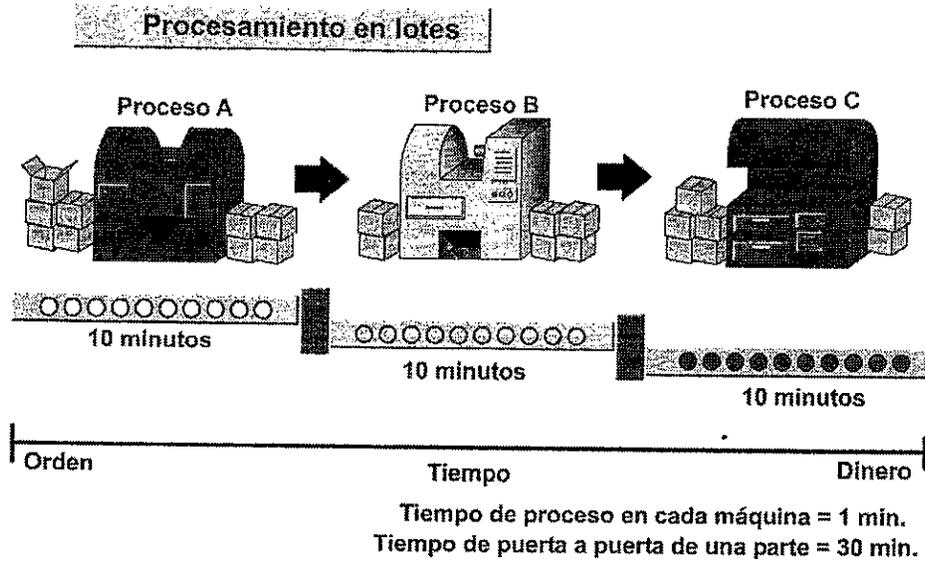


FIGURA 6.2. Sistema de producción de empujar vs. jalar – *push vs. pull*.

6.1.1 Flujo y desperdicio

Según Dennis (2002), el desperdicio es usualmente un síntoma de los obstáculos para el flujo. Por ejemplo, el trabajo en proceso frente de la maquinaria significa que tal vez se tengan problemas con:

- Tiempo del cambio de dados o *fixtures* (por ejemplo, los cambios son tan largos que el operador hace tan-

tas piezas como le sea posible).

- Disponibilidad de la maquinaria (por ejemplo, la maquinaria no es confiable y el operador hace partes extras por si acaso).
- Calidad (por ejemplo, la cantidad de defectos es alta y el operador hace más para alcanzar la meta de productividad).

Otros obstáculos para el flujo continuo son: el pobre *layout* de la planta y la variación en el tiempo de ciclo de los procesos (Tapping, *et al.*, 2002).

Según Tapping (*et al.*, 2002), sería ideal tener flujo continuo en cualquier parte, sin embargo, ligar operaciones diferentes trae problemas entre éstas, ya que cada operación tal vez tenga:

- Tiempos de entrega retrasados.
- Tiempos caídos.
- Cambios de dados o *fixtures*.

Por ejemplo, considerando que un proceso de producción consiste en 5 operaciones, cada una con un 95% de entregas a tiempo (*On-Time Delivery* - OTD) para los clientes internos, el efecto acumulado es de 77.4% de entregas a tiempo (Figura 6.3).

Si una de estas operaciones llegara a tener problemas adicionales que la alejaran de llegar al 95% de entregas a tiempo a los clientes internos, la pérdida total sería mucho más dramática. Hasta que el proceso pueda mejorarse, tal vez sea necesario usar inventarios de seguridad entre procesos para asegurarse de cumplir con la demanda del cliente.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Trabajo continuo con tiempos de entrega cortos.
- Trabajo continuo minimizando el inventario en proceso.

- Identificación y eliminación de los problemas conforme se presentan.
- Uso de trabajadores multihabilidades en donde se necesiten.

6.2 Células de manufactura

En un sistema con flujo, la producción de artículos debe fabricarse pieza por pieza (o en pequeños lotes) a través de todo el sistema. El equipo no debe ser agrupado por categorías tales como estampado, soldadura, maquinado, pintura, etcétera, pero sí de una manera en que pueda minimizarse el desperdicio en el transporte y mantener un flujo continuo.

Una manera de mejorar el flujo es la reconfiguración de las operaciones dentro de una célula de trabajo. Una célula de trabajo es una unidad que incluye operaciones que agregan valor al proceso. La organización de una célula involucra equipos y personal, en una secuencia de producción e incluye todas las operaciones requeridas para elaborar un producto. Cuando las operaciones son organizadas dentro de una célula, el operador puede producir y pasar las partes de una pieza a la vez, con una mejora en la seguridad y con una reducción de esfuerzos.

Algunos principios básicos para la planeación de un *layout* celular se mencionan a continuación:

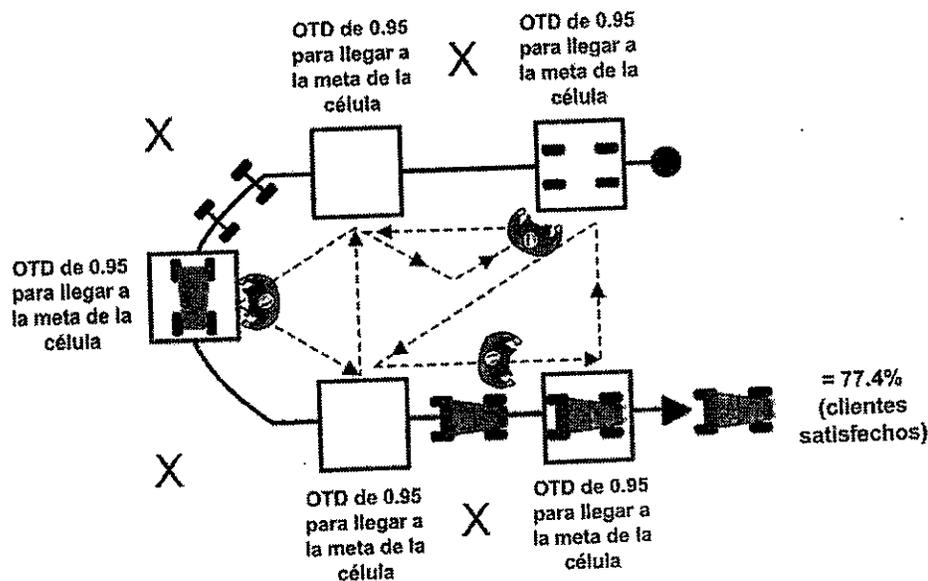


FIGURA 6.3. El flujo de un sistema no puede componer los problemas a menos de que se mejoren los procesos (Tapping, *et al.*, 2002).

- Organizar los procesos secuencialmente.
- El flujo de la célula debe ir en sentido contrario de las manecillas del reloj (promueve el uso de la mano derecha para las actividades, mientras los trabajadores se mueven a través de la célula).
- Posicionar las máquinas cerca una de la otra, mientras se tomen las respectivas medidas de seguridad para el manejo de materiales dentro de las áreas pequeñas.
- Ubicar la última operación cerca de la primera.
- Crear células en forma de "U" o C, o incluso, con forma de L, S o V, dependiendo del equipo, las restricciones y la disponibilidad de recursos.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- No agrupar las máquinas por tipo.
- Organizar la célula acorde a la secuencia del proceso.
- Diseñar la célula para que los operadores estén parados y asegurarse de que el movimiento del operador no cause conflicto si están más de dos operadores en la célula.
- Revise la secuencia de los pasos como una operación individual para eliminar el exceso de manejo de materiales.
- Asegúrese de que los defectos pueden detectarse inmediatamente mediante el uso de dispositivos *poka yokes*.
- Asegúrese de que el operador pueda manejar todas las máquinas dentro de la célula, que sea multihabilidades.

6.3 Balanceo de línea

Típicamente, algunas operaciones toman más tiempo que otras, dejando a los operadores sin nada que hacer mientras esperan la siguiente parte. Por otro lado, algunas operaciones tal vez necesiten más de un operador. El balanceo de línea es un proceso a través del cual, con el tiempo, se van distribuyendo los elementos del trabajo dentro del proceso en orden, para que alcancen el *takt time*. El balanceo de línea ayuda a la optimización del uso del personal. Al balancear la carga de trabajo, se evitará que algunos trabajen de más y que otros no hagan nada. Considerando que la demanda del consumidor tal vez fluctúe,

cambie el *takt time* y, entonces, rebalancee la línea cada vez que esto ocurra.

6.3.1 Tiempo de ciclo (T/C)

Según Rother y Shook (1999) el tiempo de ciclo es "qué tan frecuente una parte o producto es terminado en un proceso, en un determinado tiempo. También, el tiempo que le toma a un operador ir a través de todos sus elementos de trabajo antes de que los repita" (Figura 6.4).

Para Tapping (*et al.*, 2002), el tiempo de ciclo "es el tiempo transcurrido desde el inicio de una operación hasta que esta se completa, en otras palabras, es el tiempo de proceso".

No confunda este medible de tiempo de proceso con el *takt time*, el cual es un medible de la demanda del cliente.

El tiempo de ciclo total es la suma de los tiempos de ciclo de cada operación individual dentro del proceso (Tapping, *et al.*, 2002).

El tiempo de ciclo total también se refiere como el total del tiempo que agrega valor (VAT, por sus siglas en inglés), porque éste es el tiempo durante el cual se le comienza a agregar valor a la materia prima conforme fluye por los procesos.

6.3.2 Valor agregado (VA)

Rother y Shook (1999) definen el tiempo de valor agregado (VA) con las siguientes palabras "es el tiempo de los elementos de trabajo que actualmente transforman los productos en lo que desea el cliente y está dispuesto a pagar" (Figura 6.4).

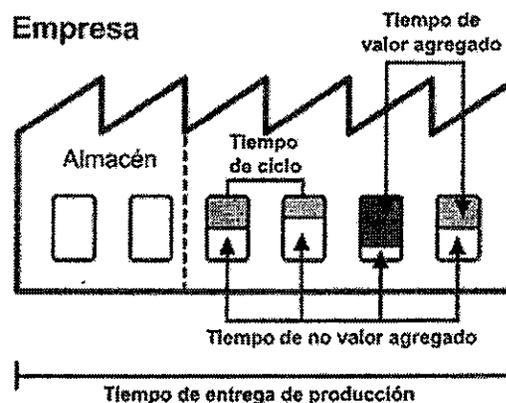


FIGURA 6.4. Tiempo de ciclo y valor agregado.

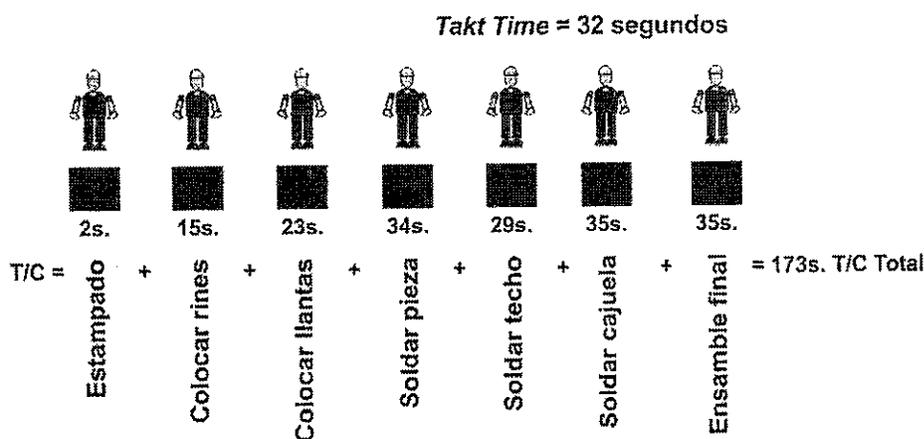


FIGURA 6.5. Proceso de producción.

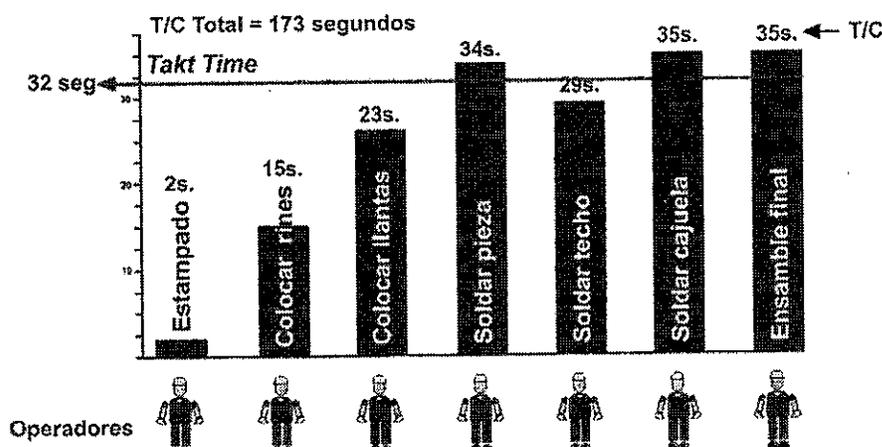


FIGURA 6.6. Gráfica del balanceo de operadores. Estado actual (Rother y Shook, 1999).

6.3.3 Gráfica del balanceo de operadores (*Operator Balance Chart, OBC*)

El balanceo de línea inicia con el análisis del estado actual del proceso. La mejor herramienta para esta actividad es la *Gráfica del balanceo de operadores (Operator Balance Chart, OBC)*. El OBC es una representación de los elementos de trabajo, el tiempo requerido y los operadores de cada estación. Se usa para mostrar las oportunidades de mejora visualizando cada tiempo de operación en relación con el *takt time* y el tiempo de ciclo total.

Los pasos para crear una *gráfica del balanceo de operadores* son los siguientes:

1. Determinar el tiempo de ciclo actual y los elementos de trabajo asignados. Por ejemplo, consi-

dere el siguiente proceso, en donde se tienen 7 operaciones (estampado, colocar rines, colocar llantas, soldar pieza, soldar techo, soldar cajuela, ensamble final), 7 operadores, un *takt time* de 32 segundos y un tiempo de ciclo total de 173 segundos (Figura 6.5).

2. Crear una gráfica de barra que dé una mejor representación de las condiciones (Figura 6.6). La gráfica del estado actual muestra claramente que varias barras sobrepasan el valor del *takt time*, y además, existe un desbalanceo entre las operaciones.
3. Para determinar el número de operadores necesaria dividir el tiempo de ciclo total del producto entre el *takt time*.

$$\# \text{ de operadores necesarios} = 173 \text{ (TCT)} / 32 \text{ (Takt time)} = 5.40$$

Se requieren de 5.4 personas, lo cual quiere decir que se cuenta con más del número necesario de operarios, ya que se requieren seis para que puedan manejar el proceso. Este hecho representa un problema, pero también un área de oportunidad para mejorar el proceso.

Si se eliminara el suficiente desperdicio en el proceso, se lograría hacer todo con seis operadores; además se mantendría el costo de trabajo directo por parte y no se requeriría de otra persona. Según el pensamiento esbelto, cuando se saca el número de operadores y el decimal obtenido tiene un valor que es menor o igual a 0.5 (en este caso, 0.4) es un buen indicador, ya que se podrá trabajar para eliminar el operador de más y disminuir los desperdicios. En el proceso de mejora, cada uno de estos operadores debe decir qué es lo que requieren para hacer una parte dentro de los 32 segundos (o en lotes pequeños dentro del *takt time* y calculando el *pitch*). Entonces, el tiempo total del ciclo debe ser menos o igual a 173 segundos.

La solución debe ser la combinación de operaciones, por ejemplo estampado y colocar de rines y dejar las demás estaciones de trabajo como están. Aquí se reparten las operaciones con el fin de que los operadores logren un tiempo de ciclo de 32 segundos, el cual está dentro del *takt time* (Figura 6.7).

Puntos clave a tomar en cuenta:

- El tiempo de ciclo es el tiempo transcurrido desde el inicio de una operación hasta que ésta se completa —en otras palabras, es el tiempo de proceso—. El tiempo de ciclo total es el total del ciclo de tiempo

de cada operación individual dentro del proceso.

- El valor agregado (VA) es el tiempo de esos elementos de trabajo que actualmente transforman los productos en lo que desea el cliente y que él está dispuesto a pagar.

- El balanceo de línea inicia con el análisis del estado actual del proceso. La mejor herramienta para esta actividad es la *gráfica del balanceo de operadores*.
- La *gráfica del balanceo de operadores* es una representación de los elementos de trabajo, el tiempo requerido y los operadores de cada estación. Es usada para mostrar las oportunidades de mejora, visualizando cada tiempo de operación en relación con el *takt time* y el tiempo de ciclo total.
- Cuando se saca el número de operadores y el decimal es menor que o igual a 0.5, indica que un operador puede ser eliminado del proceso, cuando se trabaja en eliminar desperdicios.

6.4 Trabajo estandarizado

Para que el flujo ocurra dentro de los procesos que agregan valor, los trabajadores deben de ser capaces de producir dentro del *takt time* y mejorar consistentemente el tiempo de ciclo de los elementos de trabajo asignado. Lo que se pretende es muy sencillo, nadie desea que un operador mejore el tiempo de ciclo y logre llegar a 45 segundos en una operación, mientras su compañero mejoró la operación a 60 segundos. Aquí se busca estandarizar el tiempo de ciclo a 45 segundos y observar que todos hagan el mismo trabajo de la misma manera. Esto se logra implementando el trabajo estandarizado.

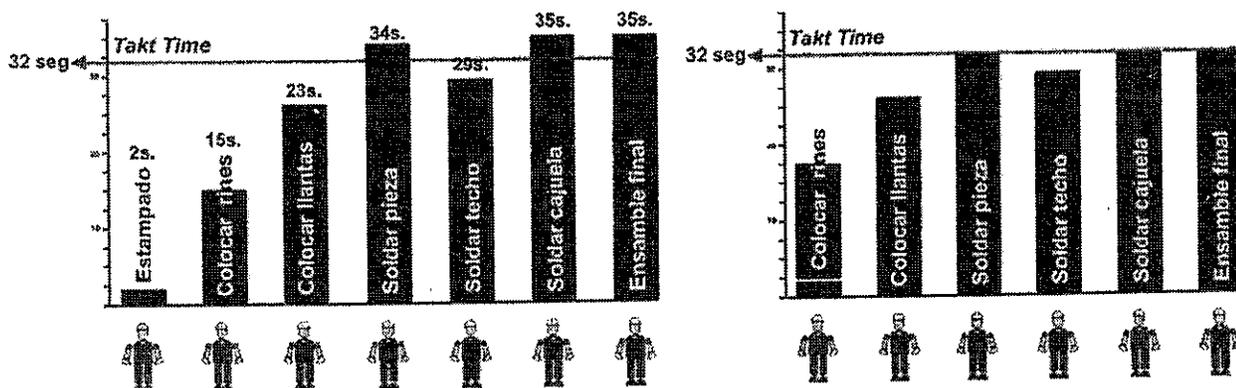


FIGURA 6.7. Gráfica del balanceo de operadores, estado actual y futuro.

El trabajo estandarizado es un conjunto de procedimientos de trabajo que establecen el mejor método y secuencia para cada proceso. La hoja de trabajo estandarizado ayuda a ilustrar la secuencia de operaciones dentro del proceso, incluyendo el tiempo de ciclo (Figura 6.8). Esta hoja debe colocarse en el área de trabajo.

Los pasos a seguir para llenar esta hoja son:

1. Dibujar el *layout* de la célula sobre la hoja e identificar todos los artículos.
2. Asignar la ubicación de los elementos de trabajo por número.
3. Mostrar la trayectoria de los movimientos.
4. Llenar la información requerida dentro de la hoja.
5. Colocarla en el área de trabajo.

El trabajo estandarizado provee las bases para tener altos niveles de productividad, calidad y seguridad. Los trabajadores desarrollan ideas *kaizen* para que continuamente se mejoren estas tres áreas. Aquí

se tienen unos pasos para implementar el trabajo estandarizado:

Trabajar junto con los operadores para determinar los métodos de trabajo más eficientes y asegurarse de que todos estén de acuerdo. Esto puede que incluya la revisión del sistema propuesto de los elementos de trabajo revisados, con el grupo entero que los utilizará. No le sorprenda que las personas unilateralmente impongan nuevos estándares y procedimientos.

Use la hoja de la combinación del trabajo estándar (Figura 6.9) para entender cómo los tiempos de ciclo de los procesos se comparan con el *takt time*. Este documento muestra el flujo de los materiales y las personas dentro del proceso. Especifica el tiempo exacto de cada secuencia de trabajo dentro de una operación, incluyendo el tiempo mientras se camina. Si el tiempo de ciclo es más largo que el *takt time*, la operación debe ser mejorada para alcanzar el *takt time*. Esta puede incluir la asignación de algunos elementos del trabajo a las operaciones que sean más rápidas que el *takt time*.

Alcance de las Operaciones	Proceso:	Ensamble del Trucky [®]			Fecha de preparación:	20/09/2006
	Compañía:	Tec Motor Company [®]			Fecha de revisión:	
Inspección de calidad	Equipo de Seguridad	Inventario en proceso (WIP)	# de piezas en WIP	Takt Time	Tiempo Operador	Tiempo Máquina
◆	+	△	14	43 seg	30 seg	23 seg

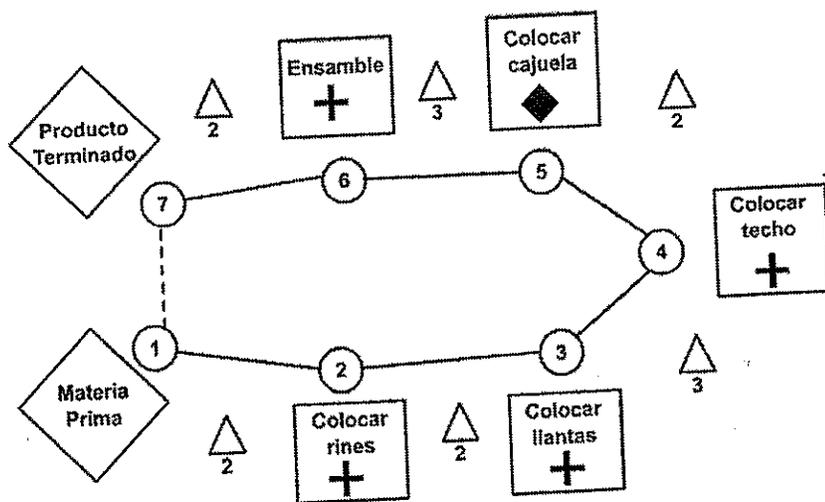


FIGURA 6.8. Hoja de trabajo estandarizado.

Operador: Raúl Gamez																						
# de parte	Trucky [®]	Fecha:	20/09/2006	Requerimiento por turno:	600/Turno	Manusí																
Nombre del proceso	Ensamble	Departamento:	Producción	Takt time:	46 seg	Automático																
						Caminar																
# de pasos	Descripción de las operaciones	Tiempo			Tiempo de las operaciones (segundos)																	
		Manual	Auto	Caminar	5"	10"	15"	20"	25"	30"	35"	40"	45"	50"	55"	60"	65"	70"	75"	80"	85"	90"
1	Recibir materia prima.	2		2																		
2	Estampar pieza #30034.	1	5	1																		
3	Ensamblar piezas #8000 y 30034.	2		2																		
4	Ensamblar #90012 y subensamble del paso 3.	2		1																		
5	Ensamblar #30623 y subensamble del paso 4.	3		1																		
6	Estampar pieza #37088.	1	5	1																		
7	Ensamblar #37088 y subensamble del paso 5.	2		1																		
8	Ensamblar #5100 y subensamble del paso 7.	3		1																		
9	Ensamblar #3000 y subensamble del paso 8.	3		1																		
10	Estampar pieza #70230.	1	7	1																		
11	Ensamblar #70230 y subensamble del paso 9.	2		1																		
12	Estampar pieza #30030.	1	6	1																		
13	Ensamblar #30030 y subensamble del paso 11.	2		1																		
14	Ensamblar #6000 y subensamble del paso 13.	2																				
15	Transportar subensamble a área de pintura.			1																		
16	Pintar trucky [®] .	3																				
Totales		30	23	16	5"	10"	15"	20"	25"	30"	35"	40"	45"	50"	55"	60"	65"	70"	75"	80"	85"	90"

FIGURA 6.9. Hoja de la combinación del trabajo estándar.

Los pasos recomendados para llenar esta hoja son:

1. Separe las actividades de cada trabajador en diferentes elementos.
2. Tome tiempo a cada elemento.
3. Documente el tiempo invertido en caminar.
4. Llene la hoja:
 - a) Enliste los elementos y los artículos asociados.
 - b) Grafique cada elemento y los tiempos invertidos en caminar.
5. Coloque la hoja en la estación de trabajo.

Agregue el *takt time*, un medible crítico para el trabajo estandarizado. No trate de hacer modificaciones sustanciales en las cargas de trabajo cuando el *takt time* cambie. Si el *takt time* disminuye, armonice el trabajo y agregue los empleados necesarios. Cuando aumente, asigne a pocas personas al proceso.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- El trabajo estandarizado es un conjunto de procedimientos de trabajo que establecen el mejor método y secuencia para cada proceso.

- La hoja de trabajo estandarizado ayuda a ilustrar la secuencia de operaciones dentro del proceso, incluyendo el tiempo de ciclo. Es importante colocarla en el área de trabajo.
- El trabajo estandarizado provee las bases para tener altos niveles de productividad, calidad y seguridad; además, ayuda en la reducción de la variación. Es importante colocarla en el área de trabajo.
- Trabaje junto con sus operadores para determinar el método más eficiente de trabajo. Llegue a un consenso, pero no trate de imponerlo.

Los pasos para implementarlo son:

1. Trabajar junto con los operadores para determinar los métodos de trabajo más eficientes y asegurarse de que todos están de acuerdo.
2. Usar la hoja de la combinación del trabajo estándar para entender cómo los tiempos de ciclo de los procesos se comparan con el *takt time*.
3. Agregar el *takt time*, un medible crítico para el trabajo estandarizado.

6.5 Cambios rápidos (SMED)

Los cambios de útiles en minutos de un solo dígito se conocen popularmente como el sistema *SMED*, acrónimo de la expresión inglesa "*Single-Minute Exchange of Die*". El término se refiere a la teoría y técnicas para realizar las operaciones de preparación en menos de diez minutos. Aunque cada preparación en particular no pueda literalmente completarse en menos de diez minutos, este es el objetivo del sistema (Shingo, 1997).

El sistema *SMED* fue concebido por Shingeo Shingo a lo largo de 19 años, y es el resultado del estudio concienzudo de aspectos teóricos y prácticos de la mejora del proceso de preparación de máquinas. Tanto el análisis, como la realización, son fundamentales para el sistema *SMED* y deben ser considerados en cualquier programa de mejora.

Según Shingo (1997), dentro de este sistema existen dos tipos de operaciones:

- Operaciones internas (IED), como montar o desmontar dados, que pueden realizarse sólo cuando una máquina está parada.
- Operaciones externas (OED), como transportar los dados usados al almacén o llevar los nuevos hasta la máquina, que pueden realizarse mientras la máquina está en operación.

6.5.1 Pasos básicos en el procedimiento de preparación

Se piensa generalmente que los procedimientos de preparación son muy variados, dependiendo del tipo de operación y del tipo de equipo empleado. Sin embargo, si se analizan esos procedimientos desde un punto de vista diferente, se puede observar que todas las operaciones comprenden una determinada

secuencia. La distribución de tiempos en operaciones de cambio tradicionales se muestra en la Tabla 6.1.

A continuación, se analizarán cada una de estas actividades:

- Preparación, ajustes post-proceso y verificación de materiales, herramientas, troqueles, plantillas, calibres, etcétera. Este primer paso sirve para asegurarnos de que todos los componentes y herramientas están donde deben y funcionan correctamente. También se incluye en este paso el periodo en el cual todos ellos se retiran y guardan, se limpia la maquinaria, etcétera.
- Montar y desmontar herramientas. Se incluye aquí el retiro de piezas y herramientas después de concluido un lote y la colocación de las partes necesarias para el siguiente.
- Medidas, montajes y calibraciones. Este paso comprende todas las medidas y calibraciones necesarias para realizar una operación de producción, como centrado, dimensionado, medición de presión y temperatura, etcétera.
- Pruebas y ajustes. En estas etapas, los ajustes se efectúan tras realizar una pieza de prueba. Los ajustes serán tanto más fáciles cuanto mayor sea la precisión de las medidas y calibraciones del equipo anterior.
- La frecuencia y duración de las pruebas y ajustes dependen de la habilidad del ingeniero de preparación. La mayor dificultad de una operación de preparación estriba en el correcto ajuste del equipo, y la gran proporción del tiempo empleado en las pruebas deriva de los problemas de ajustes. Si se quiere facilitar y reducir las pruebas y ajustes, el procedimiento más efectivo es incrementar la pre-

Operación	Proporción del tiempo
Preparación, ajustes post-proceso y verificación de materiales, herramientas, troqueles, plantillas, calibres, etcétera.	30%
Montar y desmontar herramientas, etcétera.	5%
Centrar, dimensionar y fijar otras condiciones.	15%
Producción de piezas de ensayo y ajustes.	50%

TABLA 6.1. Pasos en un proceso de preparación de máquinas (Shingo, 1997).

cisión de las mediciones y calibraciones realizadas en la etapa precedente.

6.5.2 Mejora de la preparación: etapas conceptuales

En la Figura 6.10 se muestran las etapas conceptuales involucradas en las mejoras de la preparación.

6.5.2.1 ETAPA PRELIMINAR: NO SE DISTINGUEN LAS PREPARACIONES INTERNAS Y EXTERNAS

En las operaciones de preparación tradicionales, se confunde la preparación interna con la externa y lo que puede realizarse externamente se hace internamente, lo que trae como consecuencia que las máquinas estén paradas durante grandes periodos de tiempo. Al planear cómo llevar a la práctica el sistema *SMED*, se deben estudiar en detalle las condiciones reales de la fábrica.

Un *análisis de producción continua* llevado a cabo con un cronómetro es probablemente el mejor enfoque. Este tipo de análisis, sin embargo, consume tiempo y precisa gran habilidad.

Otra posibilidad es el *estudio del trabajo por muestras*. El problema que plantea esta opción es que las muestras sólo son precisas con procesos muy repetitivos. El estudio puede no ser válido si sólo se repiten unas pocas acciones.

Un método aún mejor lo constituye la *grabación en video* de la operación completa. Esto es extremadamente efectivo si el video se muestra a los trabajadores inmediatamente después de terminar la operación. Si se les proporciona la oportunidad de expresar sus opiniones, a menudo aparecerán ideas útiles que en muchas ocasiones se pueden aplicar inmediatamente.

Aunque algunos consultores aboguen por los análisis de producción como vía para mejorar la preparación de máquinas, la realidad muestra que la observación informal y las conversaciones con los trabajadores son, a menudo, suficientes.

6.5.2.2 PRIMERA ETAPA: SEPARACIÓN DE LA PREPARACIÓN INTERNA Y EXTERNA

El paso más importante en la realización del sistema *SMED* es la diferenciación entre la preparación interna y la externa. Todo el mundo está de acuerdo en

que la preparación de piezas, el mantenimiento de los dados, herramientas y ciertas operaciones, no se deben hacer mientras la máquina está parada. Sin embargo, sorprendentemente, esto ocurre con frecuencia.

Si se hace un esfuerzo para que la mayor parte posible de las operaciones se conviertan en actividades externas y el tiempo necesario para la preparación interna sea realizado mientras la máquina no funciona, esto reducirá sustancialmente entre un 30 y un 50 por ciento del tiempo. El conocer la diferencia entre preparación interna y externa es la clave para alcanzar el *SMED*.

6.5.2.3 SEGUNDA ETAPA: CONVERSIÓN DE LA PREPARACIÓN INTERNA EN EXTERNA

Se ha comentado anteriormente que los periodos de preparación se pueden reducir entre un 30 y un 50 por ciento simplemente separando los procedimientos de preparación interna y externa. Esta enorme reducción no es, sin embargo, suficiente para alcanzar los objetivos *SMED*.

La segunda etapa comprende dos conceptos importantes:

- Reevaluar las operaciones, para ver si algunos pasos están erróneamente considerados como internos.
- Buscar formas para convertir esos pasos internos en externos.

Como ejemplos, se pueden citar el precalentado de elementos que anteriormente se calentaban dentro del proceso de preparación, y la conversión del centrado en un procedimiento externo al realizarlo antes de comenzar la producción.

Algunas operaciones que ahora se llevan a cabo como preparación interna pueden, a menudo, ser convertidas en externas al examinar su verdadera función. Es extremadamente importante adoptar nuevos puntos de vista que no estén influidos por viejas costumbres.

6.5.2.4 TERCERA ETAPA: PERFECCIONAMIENTO DE TODOS LOS ASPECTOS DE LA OPERACIÓN DE PREPARACIÓN

Aunque el nivel de los diez minutos se puede alcanzar algunas veces, simplemente convirtiendo la prepa-

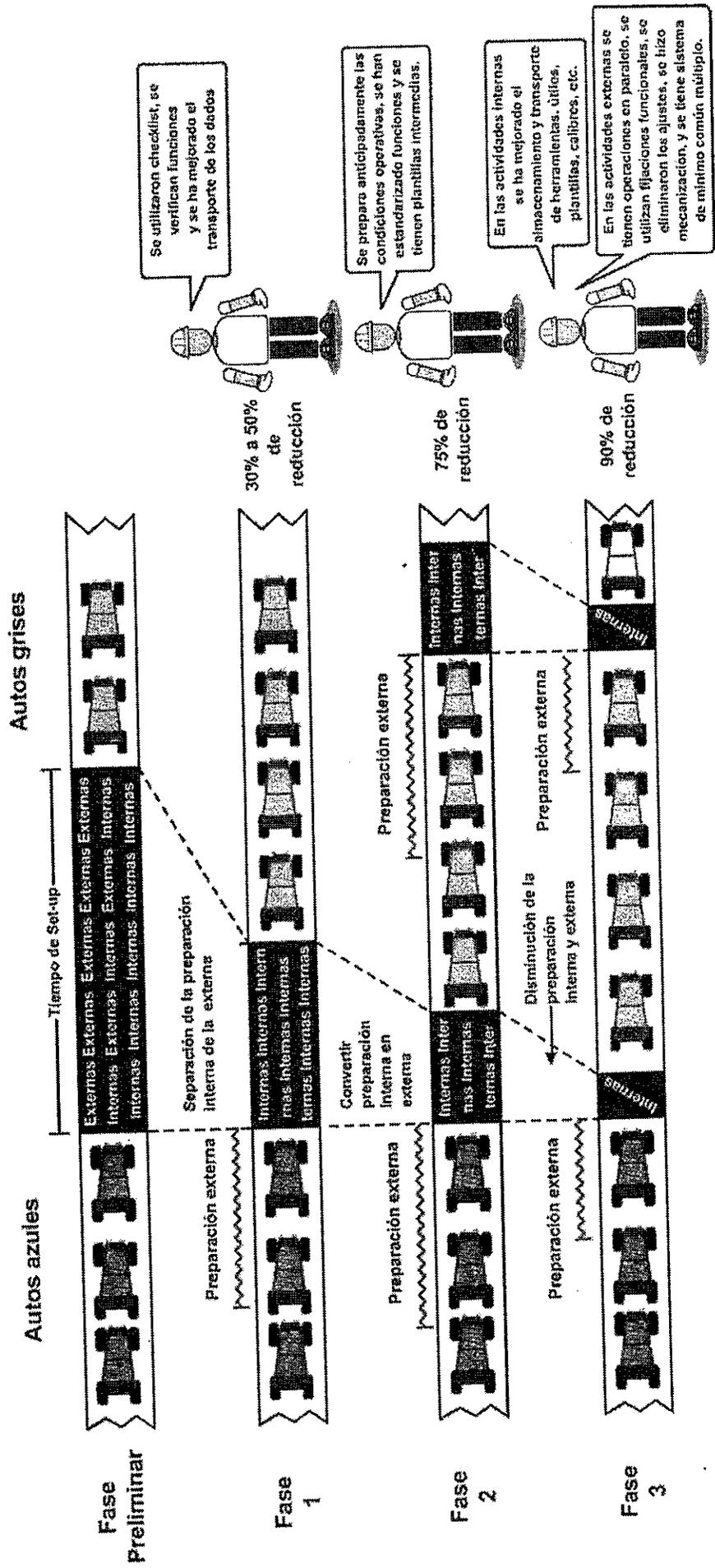


FIGURA 6.10. Fases para mejorar las preparaciones.

ración interna en externa, no es así en la mayoría de los casos. Esta es la razón por la cual se deben concentrar esfuerzos para perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales que constituyen las preparaciones interna y externa. Consecuentemente, la tercera etapa necesitará un análisis detallado de cada operación. Los ejemplos que a continuación se citan sirven para mostrar lo que es posible conseguir tras la aplicación de las tres etapas.

- En *Toyota Motor Company*, el tiempo de preparación interna de una máquina de hacer tornillos, que antes era de ocho horas, se redujo hasta cincuenta y ocho segundos (Shingo, 1997).
- En *Mitsubishi Heavy Industries*, el tiempo de preparación de una taladradora de seis ejes, que antes era de veinticuatro horas, es ahora de dos minutos y cuarenta segundos (Ob. Cit.).

Puntos clave a tomar en cuenta:

- *SMED* se refiere a la teoría y técnicas para realizar las operaciones de preparación en menos de diez minutos, aunque no en todos los casos se pueda lograr.
- Este sistema tiene dos tipos de operaciones, las internas (IED) y las externas (OED).
- Las etapas conceptuales son: etapa preliminar (no están diferenciadas las preparaciones internas y externas); etapa 1 (separación de la preparación interna y externa); etapa 2 (convertir la preparación interna en externa); y etapa 3 (perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación).
- Las etapas segunda y tercera no necesitan ser llevadas a cabo en ese orden, pudiendo ser prácticamente simultáneas.

6.6 Mantenimiento autónomo

El Mantenimiento autónomo es un elemento básico del Mantenimiento productivo total (*TPM*, por sus siglas en inglés). Se pueden prevenir pérdidas de equipo relacionadas con paros, pérdida de velocidad y defectos de calidad mediante el direccionamiento de condiciones anormales que trabajan con tales pérdidas: inadecuada o falta de lubricación, desgaste excesivo debido a la contaminación de la suciedad, pernos flojos o falta de estos, y muchas cosas más.

El Mantenimiento autónomo se enfoca en mantener en óptimas condiciones al equipo con el fin de prevenir las pérdidas antes mencionadas. Este mantenimiento se ha probado que ayuda especialmente a reducir los paros y los problemas de calidad que interrumpen el flujo continuo.

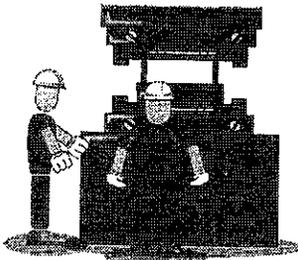
En la Tabla 6.2 se muestran los pasos que se recomiendan para aplicar el Mantenimiento autónomo.

Los pasos 1, 2 y 3 del Mantenimiento autónomo son actividades que mantienen el estado del equipo y evitan el deterioro. Esto involucra reestablecer las condiciones básicas del equipo mediante una limpieza regular, lubricación y sus respectivos ajustes. También incluye algunas actividades que ayudan a controlar los factores que aceleran el deterioro, tales como la contaminación por fluidos y polvo. Esta rutina de actividades de mantenimiento y prevención siempre se debe hacer, aparte de ser la base para los siguientes pasos.

Los pasos 4 y 5, vienen siendo las inspecciones estándar que complementan la limpieza y la lubricación realizadas en los tres primeros pasos. El paso 4 es aprender más acerca de los subsistemas del

Pasos	Nombre	Actividades
-------	--------	-------------

1



limpiar e inspeccionar el equipo

Elimine toda la suciedad y contaminación de la máquina; además de lubricarla, apriete tornillos, encuentre y corrija los problemas.

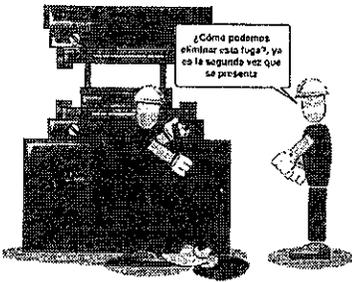
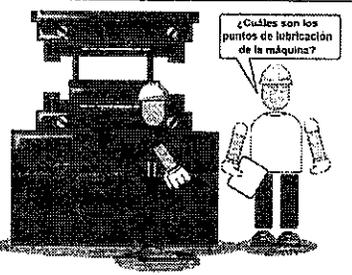
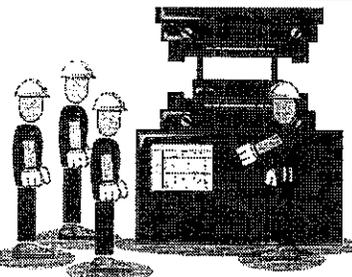
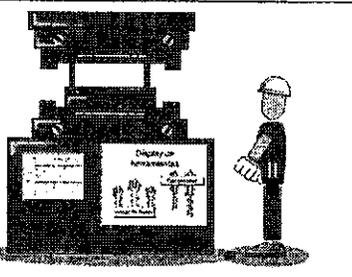
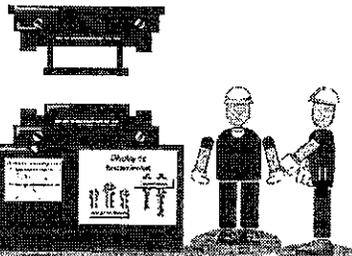
2		<p>Eliminar las fuentes de contaminación</p>	<p>Encuentre las fuentes de la contaminación y la suciedad; prevenga las manchas de aceite, además de mejorar las entradas de la máquina en donde es necesario limpiar y lubricar, para disminuir el tiempo invertido en limpiar y lubricar.</p>
3		<p>Lubricar los componentes y establecer estándares de limpieza y lubricación</p>	<p>Escriba los estándares que le permitan asegurar que se estén haciendo eficientemente la limpieza, la lubricación y los ajustes (haga una programación de actividades).</p>
4		<p>Tener inspecciones generales programadas</p>	<p>Entrenar a los operadores en la inspección general de los subsistemas (hidráulicos, neumáticos, eléctricos, etc.). Además de tener inspecciones generales para encontrar y corregir las anomalías del equipo.</p>
5		<p>Tener inspecciones autónomas</p>	<p>Preparar hojas de revisión estándar para las inspecciones del Mantenimiento autónomo.</p>
6		<p>Establecer una administración y control visuales en los lugares de trabajo</p>	<p>Estandarizar y administrar visualmente todo los procesos. Ejemplo de las necesidades estándar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza, lubricación, e inspecciones estándar. • Estándar del flujo de materiales en el piso de producción. • Métodos estándar de recopilación de datos. • Administración estándar de los datos.
7		<p>Implementar una administración autónoma de los equipos</p>	<p>Desarrolle objetivos y políticas; haga que las actividades de mejora sean una práctica diaria; mantenga al día la información del <i>MTBF</i> (tiempo promedio entre fallas), analice los datos y úselos para mejorar el desempeño de su equipo.</p>

TABLA 6.2. Los siete pasos del Mantenimiento autónomo.

equipo a través del entrenamiento en inspecciones generales. También se implementan controles visuales para el mejoramiento de los procedimientos de inspección del equipo. En el paso 5 se revisan y se generan una serie de listas de revisión basadas en lo que se debió haber aprendido durante la inspección general. Entonces, se debe prevenir el deterioro mediante la medición y monitoreo, y continuar haciendo las actividades de mantenimiento más eficientes.

Los primeros cinco pasos del Mantenimiento autónomo se enfocan sobre la parte "dura", los aspectos mecánicos del mantenimiento del equipo. En el paso 6 se trabaja con toda el área y procesos de producción, acomodando y organizando los materiales y las herramientas, estandarizando y administrando de manera visual todas las actividades.

Por último, en el paso 7 se inician las actividades de Mantenimiento autónomo. Aquí es donde los equipos se encargan de las actividades de forma independiente, y donde inicia sus trabajos el *TPM*.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- El Mantenimiento autónomo es la base del *TPM*, por lo cual es de suma importancia realizar un buen trabajo durante su desarrollo.
- Seguir los 7 pasos para implementar este tipo de mantenimiento.
- Brindar el entrenamiento adecuado al personal.
- Darle las herramientas necesarias para realizar adecuadamente los pasos requeridos durante el Mantenimiento autónomo.

6.7 Mantenimiento productivo total (*TPM*)

El Mantenimiento productivo total se asegura de que cada máquina en el piso de producción siempre esté disponible para ser utilizada según el programa de producción, lo cual provoca que ésta nunca se detenga.

Las tres metas del *TPM*:

- Maximizar la efectividad de cada pieza del equipo (la eficiencia global del equipo).

- Proveer un sistema de mantenimiento acorde al ciclo de vida del equipo.

- Involucrar a los departamentos en el plan, el diseño, el uso y el mantenimiento del equipo.

TPM, en un sentido estricto, se refiere a un pequeño grupo de actividades que requieren para su implementación del involucramiento total de los empleados, así como de los departamentos de producción, mantenimiento e ingeniería de la planta, con el fin de maximizar la productividad. En otras palabras, *TPM* es una estrategia que se adopta por todo el personal, quienes son involucrados directamente con producción para lograr cero accidentes, cero defectos y cero interrupciones.

En general el *TPM* consiste de seis actividades, las cuales se describen a continuación:

1. Eliminación de las seis grandes pérdidas (Figura 6.11) basándose en los proyectos por equipos organizados en producción, mantenimiento y los departamentos de ingeniería de las plantas. Las pérdidas que hay que eliminar son:
 1. Fallas en los equipos, causadas por defectos que requieren de algún tipo de reparación.
 2. Paros menores, que son provocados por eventos tales como interrupciones, que la máquina se trabe, etcétera.
 3. Pérdida de velocidad, causado por la reducción de la velocidad de operación.
 4. *Set-up* y ajustes, que son causados por cambios en las condiciones de las operaciones, tales como en los inicios de las corridas de la producción o en cada cambio de turno, de producto o de las condiciones de las operaciones.
 5. Reducción de la eficiencia, lo cual es causado por la materia prima que no se usa o se desperdicia como *scrap*, rechazos, etcétera.
 6. Defectos y retrabajos del proceso, que son provocados por productos fuera de especificaciones o defectuosos, manufacturados durante una operación normal.

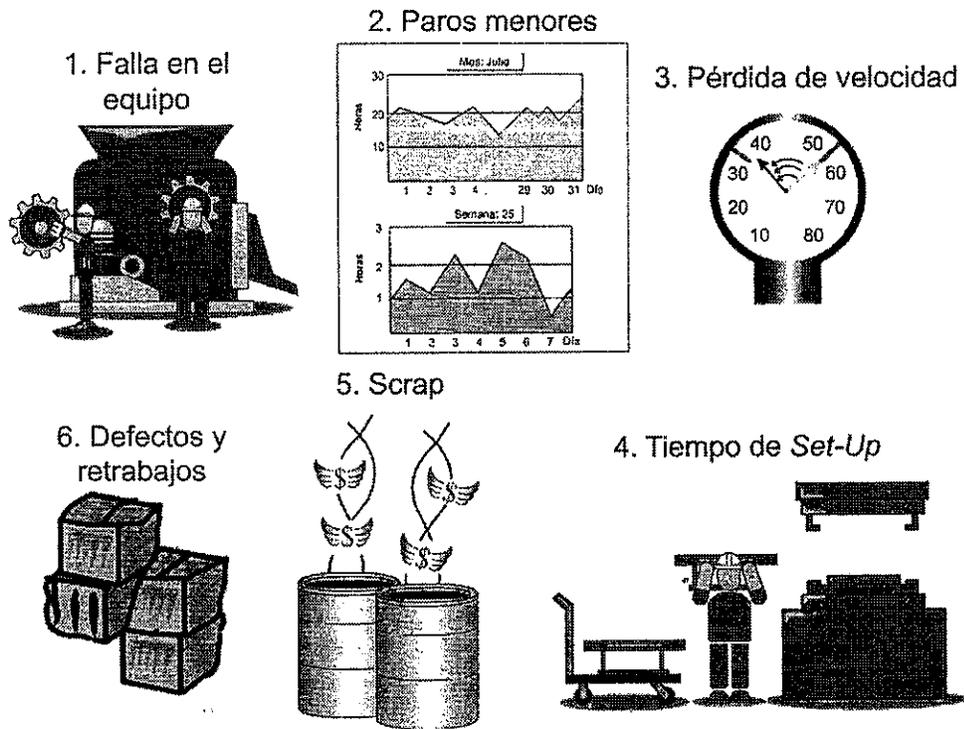


FIGURA 6.11. Las seis grandes pérdidas.

2. Planeación del mantenimiento (Figura 6.12) hecha por el departamento de mantenimiento. Para este punto se requiere de una serie de actividades que se implementan dentro del piso de producción. Éstas se pueden dividir en 4 fases:

- a. Reducir la variabilidad de las partes.
- b. Extender la vida de las partes.
- c. Restaurar las partes deterioradas periódicamente.
- d. Predecir la vida de las partes.

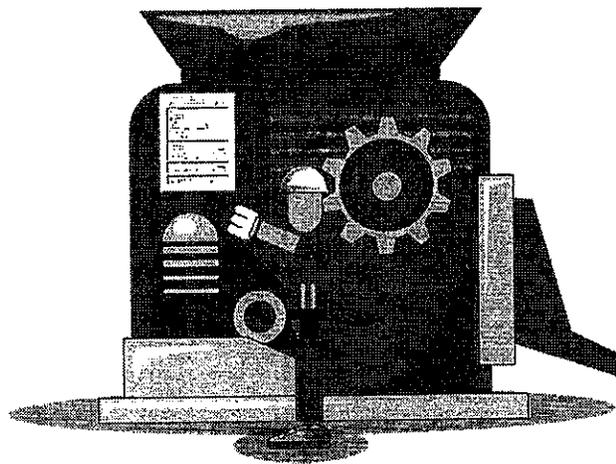


FIGURA 6.12. Planeación del mantenimiento.

3. Mantenimiento autónomo (Figura 6.13) trabajo hecho por el departamento de producción. Aquí los operadores son entrenados en el programa de los 7 pasos (educación y práctica paso a paso) para lograr estos objetivos: establecer las condiciones

básicas del equipo, observar las condiciones de uso del equipo, restablecer las partes deterioradas a través de inspecciones globales, desarrollar los conocimientos del operador y conducir a una rutina de supervisión autónoma hecha por el operador.

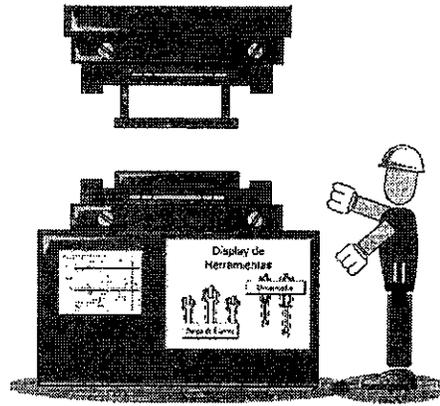


FIGURA 6.13. Mantenimiento autónomo.

4. Ingeniería preventiva (Figura 6.14) llevada a cabo principalmente por el departamento de ingeniería de la planta. Aquí se busca eliminar las causas de los problemas que se presentan en el periodo de lanzamiento de una nueva línea de producción. Desde antes se tiene que cuidar la administración

del equipo, y aquí es cuando ingeniería se involucra, ya que se pretende eliminar los problemas provocados por los atributos de los equipos; para ello se analizan diferentes factores tales como rentabilidad, mantenimiento, economía, operación, etcétera.

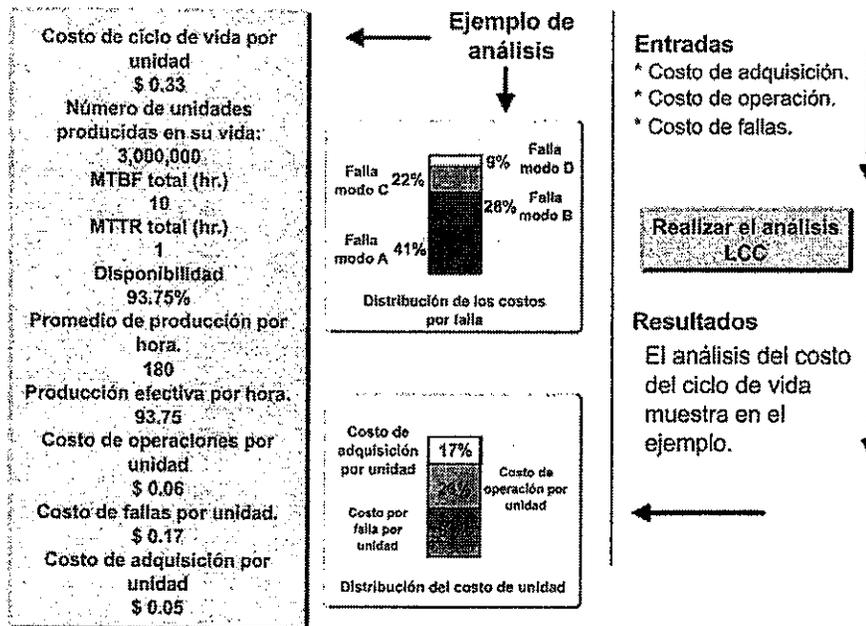


FIGURA 6.14. Ingeniería preventiva.

5. Diseño de productos (Figura 6.15) fáciles de hacer, actividad hecha por el departamento de diseño. Al momento de diseñar un producto, a las otras áreas se les olvida lo complicado que es fabri-

carlo, lo cual provoca grandes problemas. A pesar de los trabajos que se están haciendo para evitar esto, el diseño sigue siendo un punto importante dentro del *TPM*.

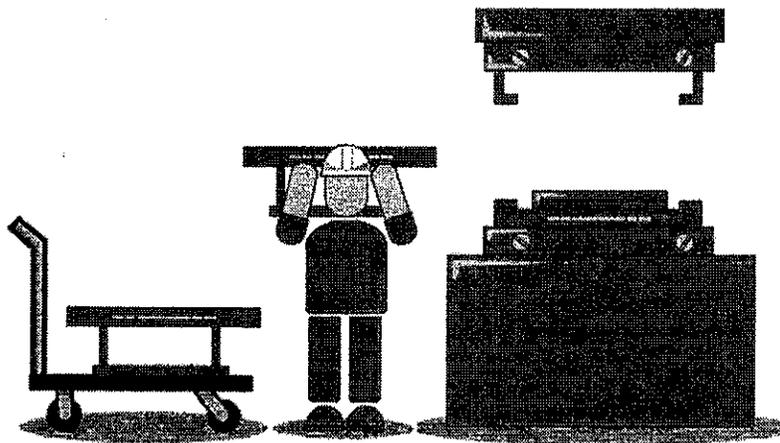


FIGURA 6.15. Diseño de producto.

6. Educación y práctica (Figura 6.16) para dar soporte a las primeras 5 actividades. Sin lugar a dudas, esto es un punto importante, ya que sin un buen entrenamiento, los operadores y sus respec-

tivas áreas no podrían brindar el soporte adecuado al *TPM*. Por ello es vital tener un buen programa de entrenamiento para todas las áreas involucradas dentro del programa.

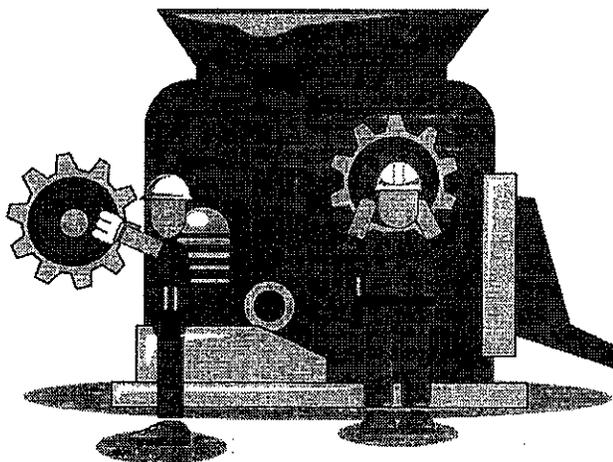


FIGURA 6.16. Educación y práctica.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Para obtener el mayor beneficio del *TPM*, toda la fuerza laboral debe cambiar la forma en la que ven el mantenimiento de los equipos. Al menos los operadores deben darse cuenta del poder que tiene este proceso para eliminar las pérdidas.

- *TPM* cambia la forma en que la gente ve a los equipos, involucrando a todo el personal en mejorar y mantener en óptimas condiciones de operación a los equipos y maquinaria. La gente tiene la responsabilidad de operar y darle mantenimiento a los equipos. Cuando un trabajador entiende su verdadero

rol en el proceso de producción, inicia el camino para eliminar desperdicios y pérdidas mediante la restauración y mantenimiento del equipo.

- *TPM* requiere que se cumpla en toda la compañía, basándose en los esfuerzos de los equipos de trabajo. La alta administración debe establecer políticas y objetivos claros sobre el *TPM*. El soporte genuino de la alta administración alienta a todos los involucrados a desarrollar las habilidades que se requieren para una implementación exitosa.
- Un buen entrenamiento técnico para el personal de mantenimiento es esencial como parte del desarrollo del *TPM*.

6.8 *One Piece Flow*

Se refiere básicamente a tener un flujo de una pieza entre procesos. Aparentemente, es algo sencillo, pero en la práctica resulta complicado.

En otras palabras, *One Piece Flow* es el estado que existe cuando los productos se mueven de uno en uno a través de los procesos, al ritmo determinado por las necesidades del cliente (*The Productivity Press Development Team*, 1999).

El opuesto del *One Piece Flow* es la producción en lotes. Muchas compañías producen en grandes lotes, y esto provoca desperdicios en el proceso de producción. Los artículos no se pueden mover al siguiente proceso hasta que todos han sido terminados. El lote con grandes cantidades espera enormes cantidades de tiempo entre los procesos.

Para generar el flujo de una pieza entre estaciones, se tienen ciertas reglas y condiciones, las cuales se describen a continuación (Sekine, 1993):

1. Base el tiempo de ciclo (T/C) en los requerimientos del mercado (*takt time*).

El enfoque básico de la producción de una pieza comienza coordinando el "ritmo" de la producción con las necesidades de los clientes. Bajo esta perspectiva, el principio básico del tiempo de ciclo es que el *takt time* de la fabricación debe igualarse al tiempo de ciclo de las ventas.

2. Base la utilización de la capacidad del equipo en el *takt time*.

Los factores de los equipos, basados en la producción de una pieza, son:

- a. Calidad: instalación del equipo para inspección total, *poka yoke*, *jidoka*, sin paros menores, y el equipo debe tener la precisión requerida.
- b. Costo: el equipo es suficientemente compacto para uso en células en forma de "U", equipo agrupado en "familias" a lo largo de la ruta del proceso, equipo coordinado en el tiempo de ciclo, equipo apto para operaciones de preparación sucesivas, entre otras.
- c. Entrega: preparación del equipo para cero cambio de dados, fácil de manejar; el equipo debe ser resistente a fallas, y las fallas deben ser fáciles de identificar.
- d. Seguridad: uso de mecanismos de seguridad.

El establecimiento de la producción de una pieza es más difícil cuando se emplean grandes equipos u otros mecanismos que los ingenieros de producción han diseñado para la aplicación de los sistemas de fabricación flexibles. Tales equipos y mecanismos se orientan a la producción en lotes y no son en modo alguno fáciles de coordinar con los tiempos de ciclo de la producción de una pieza.

3. Centre la producción con base en los procesos de producción.

En los sistemas de producción de una pieza, la última información del mercado se pasa exclusivamente al departamento de producción, que recibe también un plan de producción diario basado en esa información. La información no pasa a ninguno de los procesos anteriores. En vez de eso, los procesos anteriores reciben órdenes que reemplazan los artículos consumidos en los procesos de producción. En otras palabras, la fábrica sigue el principio de "jalar la producción".

4. El *layout* (distribución en piso) de la fábrica debe ser apropiado para la producción de una pieza.

Para generar un *layout* en donde se incluyan algunas células con forma de "U", se tienen las siguientes recomendaciones:

- a. Reordenar el *layout* de la fábrica para que sea apropiado al flujo global de la producción.
- b. La fábrica debe incluir rutas claras de acceso o paso.
- c. La línea de producción debe distinguir clara-

- d. La línea de producción debe consistir principalmente en células en forma de "U" con un operario.
- e. Incluir la inspección dentro de la distribución del *layout*.
- f. Minimizar los inventarios en proceso; tratar de crear supermercado en puntos clave.

5. Los productos deben ser aptos para la producción de una pieza.

Generalmente, las piezas muy pequeñas no son apropiadas para la producción pieza a pieza como consecuencia del desperdicio que implica el cambio de dados, y el manejo de éstos. Sin embargo, si los traslados pueden automatizarse completamente y el tiempo de ciclo no es largo, la producción pieza a pieza es aún posible.

Es también complejo tener una producción con flujo de una pieza si los tiempos de cambio de útiles y preparación de máquinas son largos. En tal situación, se pueden ir haciendo mejoras con la idea de ir disminuyendo los tiempos de los cambios de útiles. Sin embargo, cuando una amplia variedad de piezas involucra muchas operaciones de cambio que llevan mucho tiempo, la producción con flujo en una pieza es muy complicada.

6.8.1 Cómo lograr la producción con flujo de una pieza

- Eliminar la producción centrada en la planeación. El sistema de producción se debe basar en lo que pide el cliente. Aplicar el sistema de *jalar* (no hacer nada que no esté ya vendido).
- Abandonar la idea de que la producción de lotes es el método de producción más eficiente.
- Quitar la idea de los almacenes automatizados, debido a que se pierde mucho tiempo en la entrada y salida del material o producto; se tiene gente cuidando el inventario, el cual la mayoría de la veces no está sincronizado con lo que aparece en el sis-

tema y, además, se genera un costo por faltantes y mantenimiento del almacén.

- Dejar la idea del *layout* tradicional, ya que éste evita el flujo de la información, la materia prima, productos en proceso o terminados.
- Se requiere desarrollar nuevos métodos para el control de calidad. Por lo pronto, se recomienda el siguiente sistema de control:
 1. La inspección se incorpora a la línea de producción.
 2. Cuando ocurre un defecto, se para la línea de producción hasta encontrar la causa raíz y se elimina.
 3. Se implementa *poka yokes*.
 4. Se evitan los dobles chequeos.
 5. El departamento de inspección no es independiente del de producción.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- *One Piece Flow* es establecer el flujo de una pieza entre procesos.
- Coordinar el "ritmo" de la producción con las necesidades de los clientes. Para ello es importante obtener el *takt time*.
- Basar la utilización de la capacidad del equipo en el *takt time*, cuidando factores como calidad, costos y entregas.
- La última información del mercado se pasa exclusivamente al departamento de producción, el cual debe recibir un plan de producción diario basado en esa información.
- Generar un *layout* flexible que permita la creación de células en forma de "U", ya que este tipo de acomodo es uno de los más óptimos para el flujo de una pieza.
- Cuando se manejan piezas muy pequeñas o tiempos de ciclos muy pequeños, el manejo de una pieza se complica, pero para estos casos se puede hacer uso del *pitch*.
- *One Piece Flow* es un estado ideal, pero en la operación diaria, esto no siempre es posible. Lo importante es promover el flujo continuo de los productos, con la menor cantidad de retrasos y tiempos de espera.

6.9 Jidoka

Esencialmente, *jidoka* significa construir un sistema que muestre los problemas y defectos. También se refiere al diseño de las operaciones y equipos que no detengan a los operadores y así estos estén libres para que hagan trabajo que agregue valor (Liker, 2004).

Jidoka consiste en instalar un mecanismo en las máquinas que les permita detectar defectos y también un mecanismo que detenga la línea o la máquina cuando ocurren los defectos. Estas máquinas agregan valor a la producción sin necesidad de contar con un operador (Hirano, 1990).

Según Hirano (1990), se debe tomar en cuenta los siguientes puntos: las operaciones mecanizadas deben realizarse por máquinas; hay que separar las máquinas de los operadores; un operario no tiene por qué estar observando una máquina si ésta tiene la capacidad de detenerse a sí misma cuando se produce el defecto.

Se cuenta con 4 pasos para el desarrollo del *jidoka* o automatización con toque humano, y cada uno de ellos concierne a la relación entre las personas y las máquinas:

1. Análisis de la actividad manual: estudiar el proceso, qué tanto trabajo hace la gente y qué tanto hacen las máquinas. Calcular el porcentaje. Hacer una hoja de trabajo estándar del proceso.
2. Mecanización: una parte del trabajo manual es tomado por la máquina.
3. Automatización: en este paso, la actividad manual es tomada por la máquina. Pero no hay manera de

saber si se están cometiendo defectos.

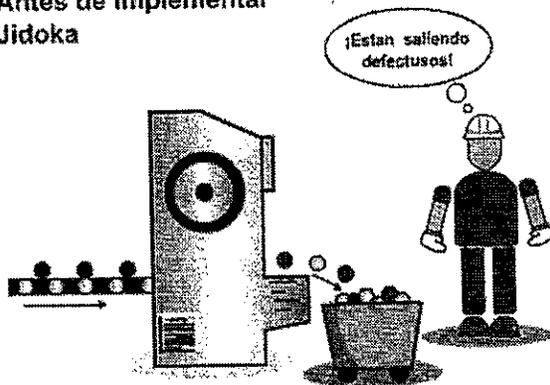
4. *Jidoka*: en esta parte, la máquina detecta los errores y se detiene. En aplicaciones más avanzadas, la máquina llega a corregir el problema.

Hirano (1990) muestra cómo se implementan estas 4 fases:

1. Análisis de la actividad manual: cada operación se hace manualmente. Se depende de la mano de obra barata.
2. Mecanización: se utiliza una máquina que detiene parte de la operación manual haciendo el trabajo más fácil, pero aún predomina el factor humano.
3. Automatización: se automatizan la mayoría de las operaciones, con los operadores cargando y descargando las máquinas y poniendo en marcha el ciclo automático.
4. Autonomatización con toque humano (*jidoka*): esa es una línea de montaje con piezas electrónicas. Un trabajador opera diez máquinas. El trabajador carga las piezas en la máquina y pulsa el comienzo del ciclo de mecanizado. Las máquinas paran automáticamente cuando se ha completado el ciclo de mecanizado o proceso. Algunas máquinas descargan las piezas por sí mismas. Estas máquinas trabajan con independencia de los trabajadores y tienen una función para el cero defecto.

En la Figura 6.17 se puede apreciar un tipo de evolución *jidoka* en cierto proceso.

Antes de Implementar Jidoka



Después de Implementar Jidoka



FIGURA 6.17. Evolución *jidoka*.

Puntos claves a tomar en cuenta:

- *Jidoka* no es un paso más del proceso.
- *Jidoka* se basa en el uso práctico de la automatización a prueba de error con el fin de detectar defectos y liberar a los trabajadores para que hagan múltiples actividades dentro de la célula.
- *Jidoka* es diferente a la automatización. Se logra lenta, sistemática y económicamente. Asegura que las máquinas hagan solamente trabajo que agregue valor.
- Implementar *jidoka* ayuda a reducir los tiempos de ciclo y prevenir los defectos, así como la espera, el transporte y la inspección.

6.10 Justo a tiempo

Justo a tiempo (JIT) significa producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta. Todo lo demás es desperdicio (*muda*). *Toyota* introdujo el *JIT* en los años cincuenta en respuesta a problemas que estaban enfrentando, algunos de los cuales eran:

- Mercados fragmentados que demandaban muchos productos en bajos volúmenes.
- Competencia difícil.
- Cambios rápidos en la tecnología.
- Alto costo del capital.
- Precios bajos o fijos.
- Trabajadores capaces que demandan niveles más altos de involucramiento.

JIT es un conjunto de principios, herramientas y técnicas que permiten a la compañía producir y entregar los productos en pequeñas cantidades, con tiempos de entrega cortos, para satisfacer las necesidades del cliente. Simplemente, *JIT* es entregar los artículos correctos en el tiempo indicado en las cantidades requeridas.

El *JIT* provee tres elementos básicos para cambiar el sistema de producción de una compañía:

1. El flujo continuo, el cual es típicamente utilizado en el concepto de la célula, permite a los materiales que fluyan de operación en operación y mejora la comunicación entre operadores.
2. *Takt time*, el cual marca el paso a seguir dentro del proceso.

3. El sistema *jalar (kanban)*, que permite a los materiales/productos fluir sin ningún inventario, o dentro de un rango mínimo de inventario en proceso (un supermercado). Reduce el tiempo de entrega y los costos de movimiento de inventario; refuerza la importancia de tener un sistema de calidad.

6.10.1 Los principios básicos del *JIT*

Desde que *Toyota* comenzó a usar el *JIT*, ha trabajado con este sistema y además lo ha mejorado conforme ha pasado el tiempo. *JIT* fue unas de las primeras herramientas que llevó a Estados Unidos, junto con otras de calidad.

JIT sigue una serie de reglas sencillas:

- No se debe producir nada a menos de que el cliente lo haya ordenado.
- Se nivela la demanda de modo que el trabajo fluya suavemente a través de la planta.
- Se ligan todos los procesos a la demanda del cliente mediante simples herramientas visuales.
- Se maximiza la flexibilidad de la gente y la maquinaria.

6.10.2 El sistema *Justo a tiempo*

La esencia del *justo a tiempo*, según Dennis (2002) es "hacer que el valor fluya para que el cliente pueda jalarlo". Los componentes de un sistema *JIT*:

- *Kanban*. Un sistema de herramientas visuales (usualmente señales con tarjetas) que sincronizan y proveen instrucciones para los proveedores y clientes en ambos sentidos, tanto fuera como dentro de la planta.
- Nivelación de la producción o *heijunka*. Esto soporta al trabajo estandarizado y al *kaizen*. La meta es producir al mismo ritmo cada día con el fin de minimizar las fluctuaciones (los picos y los valles) dentro de las cargas de trabajo. Paradójicamente, *heijunka* también soporta la rápida adaptación de la fluctuación de la demanda.

Kanban y *heijunka*, a su vez, dependen de:

- Los cambios rápidos, que permiten una rápida respuesta a las órdenes diarias y minimizan el desperdicio de la espera.
- La administración visual a través de las 5 S, lo cual hace las condiciones de la producción transparen-

tes para el equipo completo.

- Procesos capaces, es decir, métodos, trabajadores y máquinas capaces:
 1. Métodos capaces significa estandarizar el trabajo, lo cual provee una base para el *kaizen*. También significa aplicar *jidoka* para que ambos minimicen y detengan los defectos.
 2. Trabajadores capaces, que significa que sean multihabilidades y puedan ser rotados de trabajo en trabajo, además de involucrarse en actividades de mejora continua.
 3. Maquinaria capaz, significa que las actividades de TPM y 5 S atacarán las 6 grandes pérdidas (fallas de equipos, retrasos por ajustes y *set-up*, paros menores, disminución de la velocidad, defectos de los procesos y reducción de producción).

6.10.3 Procedimiento de introducción

Según Hirano (1990), los pasos para el procedimiento de introducción del *justo a tiempo* son los siguientes:

1. Revolución del pensamiento: aquí se deben desechar los viejos conceptos y adoptar el modo del pensamiento *justo a tiempo*.
2. La aplicación de las 5 S: para comenzar con los trabajos del *justo a tiempo*, es básica la implementación de esta herramienta.
3. Flujo continuo: se trabaja para reemplazar la producción en lotes con la producción pieza a pieza.
4. Producción nivelada: se requiere fabricar productos en cantidades niveladas, uno cada vez, si es posible y no se tiene que estar cambiando la programación.
5. Operaciones estándares: estandarice el trabajo para mantener un buen flujo entre los procesos.
6. *Justo a tiempo*: el objetivo es producir lo que requieran los clientes, económicamente, rápidamente y con seguridad.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- *Justo a tiempo* (JIT) significa producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta. Todo lo demás es desperdicio (*muda*). Este sistema de producción es uno de los pilares dentro del Sistema de producción *Toyota*.

- *Justo a tiempo* provee tres elementos para cambiar el sistema de producción: el flujo continuo, el *takt time* y el *kanban*.
- En el *justo a tiempo* no se debe producir nada, a menos de que el cliente lo haya ordenado. Nivele la demanda de modo que el trabajo fluya suavemente a través de la planta; ligue todos los procesos a la demanda del cliente mediante simples herramientas visuales y maximice la flexibilidad de la gente y la maquinaria.
- *Justo a tiempo* tiene dos componentes clave: la nivelación de la producción (*heijunka*) y el *kanban*.

6.11 Supermercado de producto en proceso

Cuando existen obstáculos para crear un flujo continuo, se puede usar el sistema de supermercado de producto en proceso. Un supermercado de producto en proceso tal vez sea necesario para asegurarse de que el flujo sea posible, o bien, éste es usado cuando hay una demanda de múltiples productos sobre una máquina o un proceso.

Toyota usa el supermercado por ser la mejor alternativa de la programación de los procesos siguientes que no pueden llevar un flujo continuo. Conforme mejore el flujo, la necesidad de supermercados tal vez disminuya. Se tiene que recordar que en los supermercados, así como en el *pitch*, los inventarios *buffers* y de seguridad, son un compromiso para alcanzar el estado ideal.

El sistema de supermercado trabaja mejor cuando hay un alto grado de unión entre las partes. Utilizando el análisis PC (producto-cantidad) o una matriz de partes-ruta se pueden examinar las familias de los productos y determinar cuáles requerirán de supermercados, así como en qué parte del proceso sería lo más indicado.

En la Figura 6.18, se puede ver una representación de un supermercado de productos en proceso.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Es usado cuando hay una demanda múltiple hecha sobre una máquina o un proceso.
- Conforme mejore el flujo, la necesidad de supermercados tal vez disminuya.

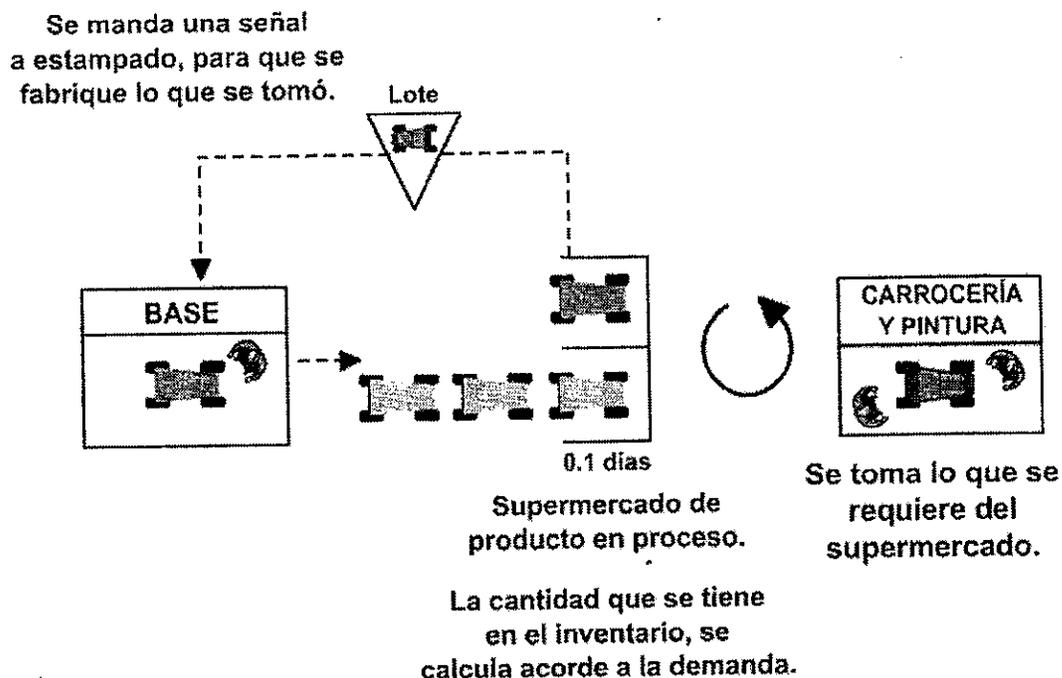


FIGURA 6.18. Supermercado de productos en proceso.

- Utilice el análisis PC (producto-cantidad) o una matriz de partes-ruta para saber qué familias de productos requieren de supermercados, así como en qué parte del proceso sería lo más indicado.

6.12 Sistemas de *kanban*

En la Manufactura esbelta, *kanban* es la herramienta indicada para controlar la información y regular el transporte de materiales entre los procesos de producción.

Kanban es el corazón del sistema *jalar*. *Kanban* son tarjetas adheridas a los contenedores que almacenan lotes de tamaño estándar. Cuando se tiene un inventario, éste tiene una tarjeta que actúa como una señal para indicar qué cantidad se requiere de él. De esta manera, el inventario solamente cuenta con lo que se requiere, las cantidades exactas.

En japonés, *kanban* significa "tarjeta" o "señal". *Kanban* se refiere al uso de tarjetas para el control de los inventarios en el sistema *jalar*. *Kanban* también se usa como sinónimo para referirse al desarrollo de un sistema de control de inventarios para usarlo dentro del Sistema de producción *Toyota*.

El *kanban* tiene cuatro propósitos:

1. Prevenir la sobreproducción (y la sobretransportación) de materiales entre todos los procesos de producción.
2. Proporcionar instrucciones específicas entre los procesos, basadas en los principios de surtido. *Kanban* logra esto mediante el control del tiempo del movimiento de materiales y la cantidad de material que se transporta.
3. Servir como una herramienta de control visual para los supervisores de producción y para determinar cuándo la producción va por debajo o por arriba de lo programado. Con una mirada rápida al dispositivo que tiene el *kanban* en el sistema, se puede ver si el material y la información están fluyendo acorde a lo planeado o existen anomalías.
4. Establecer una herramienta para el mejoramiento continuo. Cada *kanban* representa un contenedor de inventario en el mapa de proceso. Conforme pase el tiempo, la reducción planeada de los *kanbans* en el sistema será directamente igual a la reducción de inventarios y proporcional a la disminución del tiempo de entrega para los consumidores.

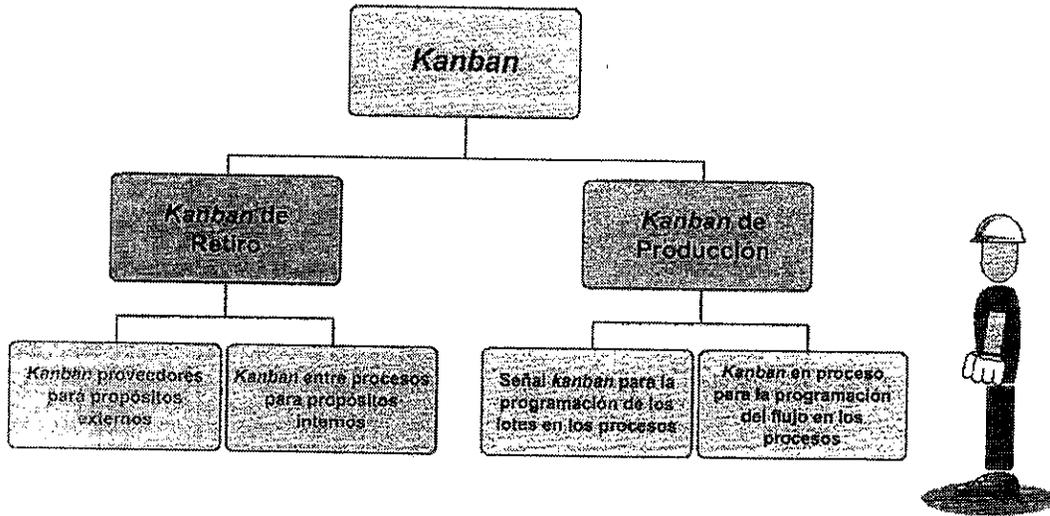


FIGURA 6.19. Gráfica de los tipos de *kanban*.

Existen dos tipos de *kanban*: *kanban* de producción (también conocido como *kanban* para hacer) y *kanban* de retiro (también conocido como *kanban* para mover).

La principal distinción entre el *kanban* de producción y el *kanban* de retiro es que el primero es una señal para hacer algo, en tanto que el otro es una señal de que algo se necesita retirar del inventario (entonces se provoca la señal para surtir) y transportar a los procesos anteriores. Cada tipo de *kanban* tiene dos subdivisiones (Figura 6.19).

A continuación se da una breve descripción de los tipos de *kanbans*.

Kanban en proceso: es usado para tener una instrucción de transporte de una pequeña cantidad (idealmente sería producción de una en una o, al menos, lo correspondiente a un *pitch*) para los siguientes procesos (Figura 6.20).

Señal *kanban*: es usada para tener instrucciones de transporte de materiales para los siguientes procesos, que manejan lotes tales como prensas de estam-

Proceso previo		
Estampado de eje (ES-08)		
Proceso actual		
Ensamble (EN-03)		
Nombre de la parte		
6250 Eje		
Capacidad	Numero del artículo	Número de control
8	4/20	EJ-1



FIGURA 6.20. *Kanban* en proceso.

pado y máquinas moldeadoras. Esta señal utiliza el tamaño del lote en conjunto con los supermercados para alimentar a los procesos siguientes; mientras, permite seguir con los cambios de materiales en los otros procesos (Figura 6.21).

Kanban de retiro o entre procesos para propósitos internos: es usado como señal cuando se nece-

sita retirar (mover) partes de un área de almacenamiento y transportarlas a los siguientes procesos dentro de la planta. Este tipo de *kanban* normalmente se usa en conjunto con el flujo continuo en células de ensamble que trabajan con un gran número de componentes tanto de fuentes internas como externas (Figura 6.22).

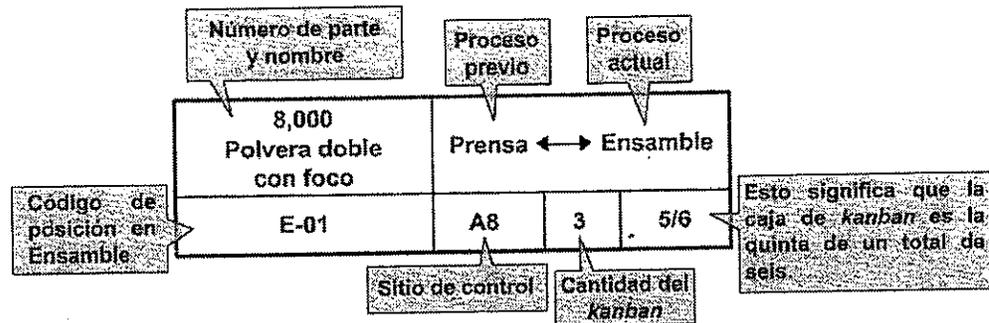


FIGURA 6.21. Señal Kanban.

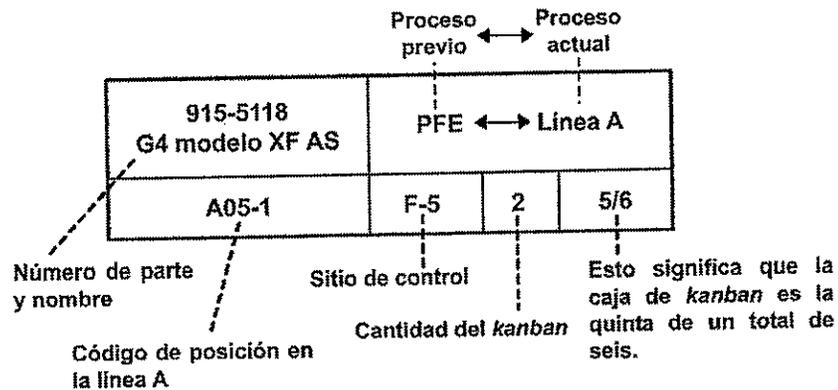


FIGURA 6.22. Kanban de retiro.

Kanban proveedor: es usado como señal para indicar que se necesita retirar partes desde un proveedor externo y transportarlas a un supermercado de partes para los consumidores de los siguientes procesos. La diferencia con el *kanban* de entre procesos radica en que éste es usado con los proveedores externos (Figura 6.23).

Dentro del *kanban* se tiene un conjunto de reglas, las cuales se enlistan a continuación:

- Las operaciones siguientes retiran artículos de las operaciones anteriores.

- Las operaciones anteriores producen y transportan solamente cuando una tarjeta de *kanban* es presentada y solamente se surtirá el número de parte indicada sobre el *kanban*.
- Las tarjetas *kanban* se mueven con el material para proveer un control, y éste es en forma visual.
- El número de tarjetas *kanban* determina la cantidad de inventario del trabajo en proceso.
- Hay que tratar de reducir el número de tarjetas de *kanban* en circulación, para forzar al mejoramiento.

Código de colores para un estante y localización del destino de entrega		
De: Aceros Michoacan	Área de almacén A 1-1	Para: Trucky
Tiempo de entrega: 9:30 Número del artículo: 5417	Identificación Ensamble # 3	
Nombre del artículo: Lamina 2510	Usado en: Trucky	Puerta de destino: 2
	Tipo de carro: Pick up	
# de estante: A2 - Superior	Tipo de caja: Normal	
	Capacidad caja: 8	
Localización del estante		

FIGURA 6.23. Kanban proveedor.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- *Kanban* es el corazón del sistema *jalar*. *Kanban* son tarjetas adheridas a los contenedores que almacenan lotes de tamaño estándar. Cuando se tiene un inventario éste es representado por una tarjeta, la cual actúa como una señal para indicar qué cantidad se requiere para el inventario. De esta manera, el inventario solamente cuenta con lo que se requiere, las cantidades exactas.
- La calidad se construye en cada proceso y los procesos nunca deben enviar productos defectuosos a las siguientes operaciones. Pasar problemas a las siguientes operaciones provoca confusión y esconde la fuente de éstos; además, provoca que los problemas tarden más en resolverse.
- La tarjeta *kanban* siempre se mueve con los productos para asegurarse de que la información llegue *justo a tiempo* y se tenga siempre un control visual.

6.13 Primeras entradas, primeras salidas (FIFO)

Si se cuenta con un alto grado de variedad entre las partes y no se puede usar un sistema de supermercado de productos en proceso, entonces se puede trabajar con este concepto de primeras entradas, primeras salidas (*FIFO*), un método de inventario controlado que se usa para asegurarse de que el inventario con más tiempo (primeras entradas) sea el primero en ser usado (primeras salidas). *FIFO* es útil en situaciones en las que se tiene una variedad de productos en el proceso. Se encuentran antes de personalizar los productos y antes de las operaciones de lotes grandes en donde partes diferentes vayan a operaciones comunes, tales como soldadura, estampado o pintura (Figura 6.24).

A continuación, se muestran algunas de las características del *FIFO*:

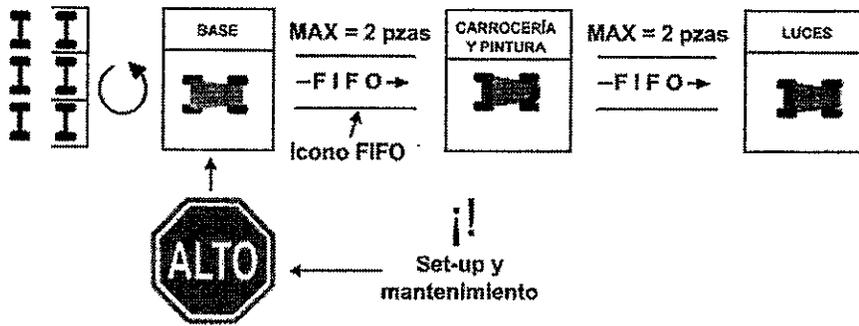


FIGURA 6.24. FIFO.

- Se mantiene un número de parte designado entre los dos procesos y colocado secuencialmente.
- Se crea el *FIFO* de una manera tal, que es difícil (si no imposible) sacar cualquier cosa primero, con excepción del inventario más antiguo.
- Se usa una señal para notificar al siguiente proceso que pare de producir cuando la línea esté llena, previniendo la sobreproducción (uno de los siete desperdicios).
- Se requiere de una secuencia de reglas y procedimientos para asegurarse de que ninguno de los dos procesos (anteriores y siguientes) sobreproduzca y que el tiempo no se está desperdiciando.
- Se requiere de disciplina por parte de la fuerza de trabajo para asegurar la integridad del *FIFO*.

Se puede ver que, incluso los supermercados de productos en proceso y el sistema de *FIFO*, son usados en diferentes situaciones. Sin embargo, en ambos casos, el producto se debe jalar según el orden del *FIFO*. Se debe estandarizar el proceso para jalar los artículos de los estantes de producto en proceso y surtirlos, para mantener el orden del *FIFO*.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Primeras entradas, primeras salidas (*FIFO*) es un método de inventario controlado usado para asegurarse de que el inventario con más tiempo (primeras entradas) sea el primero en ser usado (primeras salidas).
- Aunque se tengan cambios de la producción muy drásticos dentro de la producción, evite modificar el orden que lleva el *FIFO* cuando éste ya está trabajando. Mientras esté en el supermercado, se pueden hacer los cambios que la demanda dicte.
- Se requiere respetar el estándar dentro del proceso para jalar los productos de los estantes de productos en proceso y surtirlos; así, el orden del *FIFO* se mantendrá.

6.14 5 S

Las 5 S forman una parte esencial para la implantación de cualquier programa de Manufactura esbelta, pues implica sumar esfuerzos para lograr beneficios, manteniendo un lugar de trabajo bajo condiciones

tales que logre contribuir a la disminución de desperdicios y reprocesos, así como mejorar la moral del personal.

Su importancia radica en mantener un buen ambiente de trabajo, que es crítico para lograr encaminar a una organización hacia la calidad, bajos costos y entregas inmediatas. Además de que la *clasificación, organización, limpieza, disciplina y estandarización* son aspectos que representan una necesidad importante en cualquier organización. Entonces, las 5 S implican la realización de esfuerzos relativamente simples a aplicar tanto en el área física de trabajo, como en la persona y en la empresa misma.

Cabe aclarar que uno de los principales retos de esta metodología es la de promover un cambio de mentalidad hacia la creación de una cultura de autodisciplina, orden y economía.

Dentro de los beneficios que se obtienen se pueden mencionar:

- Ayuda a los empleados a adquirir la autodisciplina; cuando se genera la autodisciplina el compromiso formal hacia las 5 S siempre está presente.
- Permite resaltar los desperdicios en el área de trabajo; el reconocer problemas es el primer paso para su eliminación.
- Señala anomalías, como rechazos y excedentes de inventario.
- Reduce movimientos inútiles y trabajos intensos.
- Resuelve importantes problemas de logística, presentes en el área de trabajo de una manera simple.
- Hace más obvios los problemas relacionados con la calidad.
- Reduce accidentes al eliminar pisos grasosos, sucios y resbaladizos.
- Un lugar limpio y ordenado refleja una buena imagen para el cliente.

En las Tablas 6.3, 6.4 y 6.5, se describen de manera general el concepto, objetivo y las actividades más relevantes a realizar para cada una de las 5 S. La explicación está presentada en bloques, el primero de los cuales contiene las 3 primeras S, que son consideradas como físicamente "implementables" en el lugar de trabajo.

El segundo bloque se conforma por la S que es aplicada directamente a las personas. Aquí se hace

referencia a la disciplina, la cual es un aspecto que la dirección, a través de mecanismos y métodos organizados de trabajo, debe procurar mantener siempre en la organización.

Por último, el tercer bloque se conforma por la actividad que debe ser aplicada a la empresa; es decir, estos aspectos que logran la implementación de las 5 S en toda la empresa al mismo tiempo y bajo el mismo sistema.

Entonces, las "S" no deben de considerarse como una simple manera para lograr tener limpias y relucientes las superficies de cada una de las áreas y partes que conforman la organización, sino que debemos de considerarlo como un medio importante para asegurar la permanencia en el mercado en el largo plazo.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Las 5 S deben ser parte del trabajo de todos.
- Entre mejor se haga la primera S (clasificar), se tendrán menos cosas que requieran organizarse y limpiarse. Entonces, cuando implemente la primera S, no lo haga superficialmente, realice bien su trabajo y saque todo lo que no requiera.
- Entrene un facilitador o instructor de 5 S, ya que él será el líder de los proyectos.
- Tome fotos del antes y después, con el fin de llevar un registro de los cambios. Además estos se deben documentar para mostrarlos como ejemplos de éxito dentro de las áreas de trabajo.
- Los cambios rápidos y radicales logran un impacto positivo dentro de las personas. Esto hace que compren la idea del cambio.

Nombre	Significado	Objetivo	Actividades
<i>Seiri</i> - Clasificación	Distinguir lo innecesario de lo necesario para trabajar productivamente.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un criterio y aplicarlo al eliminar lo innecesario. • Practicar la estratificación para establecer prioridades. • Ser capaz de manejar problemas de desorden y suciedad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar todas las cosas innecesarias y removerlas del área de trabajo. • Aprovechar los lugares que se despejan. • Determinar el destino final de todas las cosas que se retiren del entorno laboral.
<i>Seiton</i> - Organización	Consiste en ordenar los diversos artículos que se poseen, de modo que estén disponibles para su uso en cualquier momento.	<ul style="list-style-type: none"> • Tener un área de trabajo que refleje orden y limpieza. • Tener una distribución de planta eficiente. • Se incrementa la productividad eliminando desperdicio al tratar de localizar las cosas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emplear un almacenamiento funcional. • Ordenar artículos por claves alfanuméricas o numéricas. • Determinar lugares de almacenamiento o bodega.
<i>Seiso</i> - Limpieza	Significa quitar la suciedad de todo lo que conforma la estación de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> • Lograr el grado de limpieza adecuado a las necesidades. • Lograr un nivel de cero mugre y suciedad. • Contribuir en la prevención de fallas en equipos. • Mantener siempre condiciones adecuadas de aseo e higiene. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar e inspeccionar equipo, utensilios, comedores, vestidores, casilleros, sanitarios, etcétera. • Integrar la limpieza en las tareas diarias. • Asignar tiempo para realizar la limpieza.

TABLA 6.3. 5 S implementadas en el lugar de trabajo (Centro de Calidad, 1998).

Nombre	Significado	Objetivo	Actividades
<i>Shitsuke</i> = Disciplina	Es el apego a un conjunto de leyes o reglamentos que rigen a una comunidad, empresa o a nuestra propia vida. Orden y control personal.	Convertir en hábito el cumplimiento apropiado de los procedimientos de operación.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer procedimientos estándares de operación. • Facilitar condiciones para que cada empleado ponga en práctica lo aprendido. • Establecer un sistema de control visual. Corregir cuando no se cumplan las reglas. • Promoción de las S en toda compañía.

TABLA 6.4. 5 S implementadas en las personas (Centro de Calidad, 1998).

Nombre	Significado	Objetivo	Actividades
<i>Seiketsu</i> = Estandarización	Regularizar, normalizar o fijar especificaciones sobre algo, a través de normas, procedimientos o reglamentos.	Sincronizar los esfuerzos de todos y hacer que todos actúen al mismo tiempo, con el fin de lograr que los resultados de dichos esfuerzos sean perdurables.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer estándares visuales de tal forma que sean fáciles de seguir. • Realizar evaluación con énfasis en la prevención. • Establecer actividades que fortalezcan el cumplimiento de las cuatro primeras S.

TABLA 6.5. 5 S implementadas en la empresa (Centro de Calidad, 1998).

6.15 Fábrica y administración visual

La fábrica y la administración visual es un sistema de comunicación y control usado en toda la planta. De hecho, el funcionamiento correcto de la fábrica visual es el nivel más alto dentro del concepto de las 5 S, ya que se genera un control total que puede ser apreciado por todos.

La fábrica y administración visual inicia con una simple primicia: "una imagen dice más que mil palabras". Y si esa imagen está disponible exactamente cuando se necesite, en donde se necesite, con la cantidad justa de información que se requiera, entonces vale millones de palabras.

En el piso de producción o en las oficinas, la meta de la fábrica y administración visual es darle a la gente el control requerido en el área de trabajo. Hay varios niveles de control en los que se puede aplicar (Figura 6.25).

Entonces, lo que se hace en la fábrica y administración visual es la estandarización del sistema de las

5 S, medibles, *displays* y controles visuales a través de la planta. Para esto se crea un lenguaje visual que puede ser usado en toda la planta y, para llegar a ello, se recomiendan los siguientes pasos:

1. Formar y entrenar un equipo enfocado a la implementación de la fábrica visual.

Para esto se crea un equipo que sea responsable de la implementación en toda la planta.

- Crear una visión y plan para la fábrica y administración visual.
- Crear controles estándar y *displays* visuales.
- Formar y entrenar equipos.
- Ayudar a los equipos a implementar los medibles, *displays* y controles visuales.
- Asegurarse de la estandarización del sistema de 5 S, los medibles, *displays* y controles visuales.

2. Crear un plan de implementación.

Para crear un plan de implementación se deben asignar áreas, objetivos, nombre del líder para

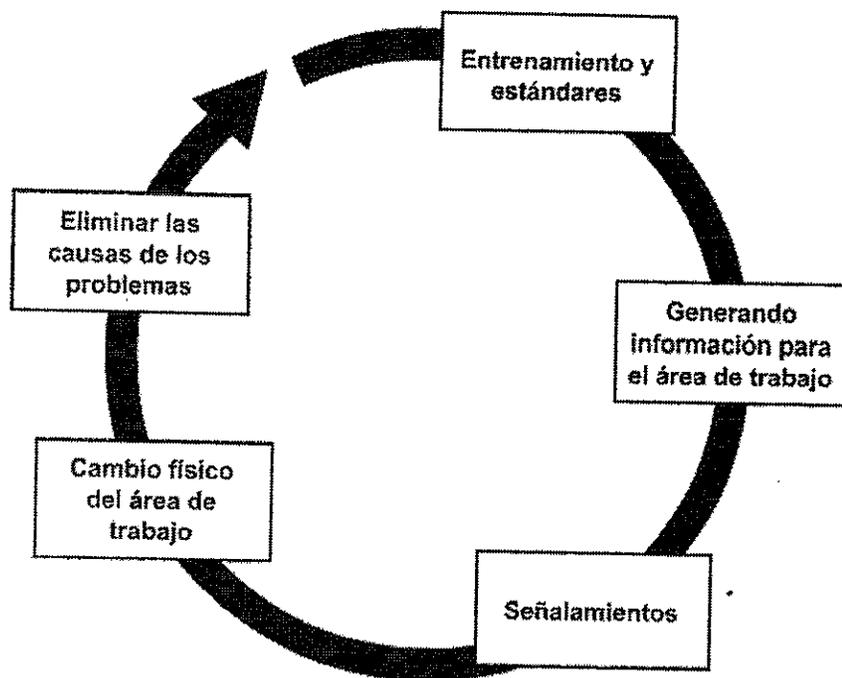


FIGURA 6.25. Niveles de control.

cada área y decidir cuándo se aprobará la implementación de cada actividad de la fábrica y administración visual.

3. Crear estándares para los controles y *displays* visuales.

La fábrica y administración visual reúne a todas las actividades de *Lean Manufacturing*, desde la organización del lugar de trabajo, diseño de las células, *kanban*, supermercados, *jidoka*, mantenimiento del equipo, cambios rápidos, entre otros. También juega un papel importante en la planeación, además se tiene el uso de pizarrones con historias de éxito, estandarizar el trabajo y el mapeo de procesos.

Otro punto importante es que para ahorrar tiempo y dinero se pueden diseñar y estandarizar *displays* y controles para usarlos dentro de la fábrica y como forma de administración visual.

4. Iniciar la implementación.

Cuando se inician los trabajos de implementación en las áreas objetivo, se pueden encontrar situaciones en donde todo resulte fácil y otras que requieran más trabajo.

5. Asegurarse de que se implemente y se estandarice el sistema de 5 S.

El sistema de 5 S crea las bases para la fábrica y administración visual (Ver 5 S).

6. Implementar y estandarizar los medibles visuales.

El uso efectivo de la información depende de *displays* de información y el reporte efectivo de ésta. Los medibles visuales pueden ser de gran ayuda en todo el proceso de implementación del sistema de *Lean Manufacturing*, ya que estos pueden:

- Hacer que la información sea fácil de entender e interpretar para cualquier persona.
- Enfocarse en las actividades de mejora.
- Mantener a todos al tanto de lo que está ocurriendo.

Características de los medibles visuales.

- Están directamente relacionados con las estrategias.
- En los medibles se especifica la ubicación.
- Son fáciles de usar.
- Proveen una rápida alimentación.
- Promueven las mejoras.

7. Estandarizar los *displays* visuales.

Los *displays* visuales comunican información importante del ambiente de trabajo, seguridad, operaciones, almacenes, calidad, maquinaria, herramientas, actividades de mejora y otros estándares de trabajo.

8. Implementar y estandarizar los controles visuales.

El ideal es que el estándar esté totalmente integrado con los medibles visuales, *displays* y controles; aquellos que están desviándose del estándar establecido deben ser eliminados. La Tabla 6.6 muestra algunas de las herramientas disponibles para implementarse dentro del proceso de fábrica y administración visual.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- La fábrica y administración visual inicia con una primicia muy simple: una imagen dice más que mil palabras. Si esa imagen está disponible exactamente cuando se necesita, donde usted la necesita, con la cantidad de información justa, entonces esa imagen vale más que un millón de palabras.
- Los *displays* y controles visuales son parte de todas las actividades de *Lean*.

- La fábrica visual inicia en el primer minuto de la planeación e implementación de *Lean manufacturing* y continúa a través del mejoramiento continuo. En otras palabras, una fábrica *Lean* es una fábrica visual y la esencia de ésta es que la información esté *justo a tiempo*.

6.16 Poka yoke

Aunque el concepto de *poka yoke* ha existido durante mucho tiempo de diversas formas, fue el ingeniero de producción japonés Shingeo Shingo, quien desarrolló la idea como una herramienta formidable para alcanzar el cero defectos y, eventualmente, eliminar las inspecciones de control de calidad (Hirano, 1988).

Si bien se puede pensar que un defecto y un error son lo mismo, no es así. Los defectos son los resultados y los errores son las causas de los resultados. Por ejemplo, un error es dejar por mucho tiempo un pan en el tostador y el defecto es tener un pan quemado.

Los métodos que propuso fueron formalmente denominados "a prueba de tontos" ("*fool-proofing*").

Tipo	Propósito general
<i>Storyboards</i> (pizarrón)	Para compartir información sobre proyectos de mejora. Para educar y motivar.
Letreros	Para compartir información vital en el punto de uso.
Mapas	Para mostrar los procesos actuales, los procedimientos estándar de operación, direcciones, etcétera.
<i>Kanbans</i>	Para controlar el retiro de los inventarios (o herramientas) dentro y fuera de los supermercados, líneas y células. También puede ser usado para regular las órdenes de reabastecimiento a los proveedores.
Lista de revisión	Es una herramienta operacional que facilita seguir con los estándares, procedimientos.

Reconociendo que esta etiqueta podría ofender a muchos trabajadores, Shingo terminó proponiendo el término *poka yoke*, generalmente traducido como "a prueba de errores" o "de fallos" (*fail-safing*). En japonés, significa evitar (*yokeru*) errores inadvertidos (*poka*). La idea detrás del *poka yoke* es respetar la inteligencia de los trabajadores. Asumiendo las tareas repetitivas o acciones que dependen de la memoria, el *poka yoke* puede liberar el tiempo y mente de un trabajador para que así se dedique a actividades más creativas o que añaden valor (Hirano, 1988).

6.16.1 ¿Cuáles son los cinco mejores *poka yoke*?

Los errores humanos usualmente lo son por distracción. Los mecanismos *poka yoke* nos ayudan a evitar los defectos, incluso aunque inadvertidamente se comentan errores. Los *poka yoke* ayudan a fabricar la calidad en el proceso.

Aquí se muestran cinco ejemplos de *poka yoke* para detectar o evitar defectos causados por errores humanos:

1. Pines de guía de distintos tamaños.
2. Alarmas y detección de errores.
3. *Switchs* de límites.
4. Contadores.
5. Listas de chequeo.

6.16.2 Las funciones básicas del *poka yoke*

Un defecto existe en dos estados: está a punto de ocurrir o ha ocurrido ya. El *poka yoke* emplea tres funciones básicas contra los defectos: parada, control y aviso. El reconocimiento de que un defecto está a punto de ocurrir se denomina "predicción", y reconocer que un defecto ha ocurrido ya se denomina "detección".

6.16.3 Sugerencias para establecer *poka yoke*

1. Identificar artículos por sus características:
 - a. De peso: establecer estándares de peso, usar balanza o escala para identificar piezas defectuosas.
 - b. Por dimensiones: establecer estándares para longitud, anchura, diámetro, etcétera. Identificar divergencias con los estándares usando pines de plantillas, *switchs* de límite, etcétera.

- c. Por su forma: establecer estándares para características de forma tales como ángulos, salientes, curvatura o posiciones de agujeros. Identificar divergencias con estándares con conmutadores de límite, vástagos de posición y plantillas, etcétera.
2. Detectar desviación de procedimientos o procesos omitidos.
 - a. Método de secuencia de procesos: el trabajo siguiente no puede realizarse si las operaciones de la máquina o el trabajador durante el proceso no siguen los procedimientos estándares.
 - b. Método de secuencia proceso a proceso: las operaciones no pueden realizarse si se ha omitido alguno de una serie de procesos y no se han seguido los procedimientos regulares.
 3. Detectar desviaciones de valores fijos.
 - a. Uso de contador: se usa como referencia un número fijo, por ejemplo, un número de operaciones o piezas. Si el número actual difiere de la referencia, suena una alarma.
 - b. Método de piezas sobrantes: cuando un número de piezas se monta como un lote, se prepara el número exacto de piezas necesarias; cuando se completa el lote, un sobrante de piezas indica un error.
 - c. Detección de condición crítica: se mide una condición de fabricación crítica, tal como presión, corriente, temperatura o tiempo. El trabajo no puede proceder si el valor no está dentro de un rango predeterminado.

6.16.4 Mecanismos de detección usados en el *poka yoke*

Pueden usarse una amplia variedad de mecanismos para detectar errores y defectos. Los detectores usados para el *poka yoke* pueden dividirse entre los que contactan con la pieza a verificar y los que no contactan con la misma (Hirano, 1988).

• Mecanismo de contacto.

Los *switchs* de límite son los mecanismos de detección más frecuentes. Pueden detectar la presencia de artículos tales como piezas de trabajo, útiles o herramientas de corte y son muy flexibles. Los *switchs* de límite pueden emplearse para asegurarse de que un proceso no comience hasta que la pieza

de trabajo esté en la posición correcta.

Hay otros muchos mecanismos de detección por contacto utilizados en el *poka yoke*, tales como sensores de proximidad, sensores de posición, sensores de desplazamiento, sensores de paso de metal y una variedad de instrumental.

- Mecanismo sin contacto.

Los sensores fotoeléctricos pueden manejar objetos transparentes, translúcidos y opacos, dependiendo de las necesidades. Hay dos tipos posibles de detección. En el tipo de transmisión se usan dos unidades: una emite un rayo de luz, la otra lo recibe. Este tipo puede estar normalmente en "on", lo que significa que el rayo no encuentra obstrucción, o en "off", lo que significa que el rayo no llega a la unidad receptora. Es un tipo reflejante de sensor ante la luz reflejada desde un objeto para detectar su presencia.

6.16.5 Los ocho principios de mejora básica para el *poka yoke* y el cero defectos (Hirano, 1988)

1. Construya la calidad en los procesos.
2. Elimine todos los errores y defectos inadvertidos.
3. Interrumpa el hacerlo mal y comience a hacer lo correcto la hora!
4. No piense en excusas, piense en cómo hacerlo bien.
5. Un 60% de probabilidades de éxito es suficientemente bueno. ¡Implemente su idea ahora!
6. Las equivocaciones y defectos podrán reducirse a cero si todos trabajan juntos para eliminarlos.
7. Diez cabezas son mejor que una.
8. Investigue la verdadera causa, usando los cinco "¿por qué?" y un "¿cómo?"

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Se tiene que recordar que la principal diferencia entre un error y un defecto es que un defecto es provocado por un error; uno es la consecuencia del otro.
- El término *poka yoke* es generalmente traducido como "a prueba de errores" o "de fallos" (*fail-safing*). Proviene del japonés, evitar (*yokeru*) errores inadvertidos (*poka*); y su idea principal es respetar la inteligencia de los trabajadores.

- Siempre respete los ocho principios de mejora básica para el *poka yoke* y el "cero defecto".

Tenga cuidado en distinguir entre los errores que sienta que son imposibles de eliminar y los que crea que puede eliminar completamente.

6.17 *Kaizen*

Es el término japonés para el mejoramiento continuo, y es el proceso para hacer mejoras incrementalmente, no importa lo pequeñas que sean, y alcanzar las metas de *Lean* de eliminar todos los desperdicios, que generan un costo sin agregan valor. *Kaizen* enseña a trabajar efectivamente a los individuos en grupos pequeños, a solucionar problemas, documentando y mejorando los procesos, recolectando y analizando datos, y a manejarse por sí mismos.

Kaizen significa mejoramiento. Por otra parte, significa mejoramiento continuo en la vida personal, familiar, social y de trabajo. Cuando se aplica al lugar del trabajo, *kaizen* significa mejoramiento continuo que involucra a todos, gerentes y trabajadores por igual (Imai, 2002).

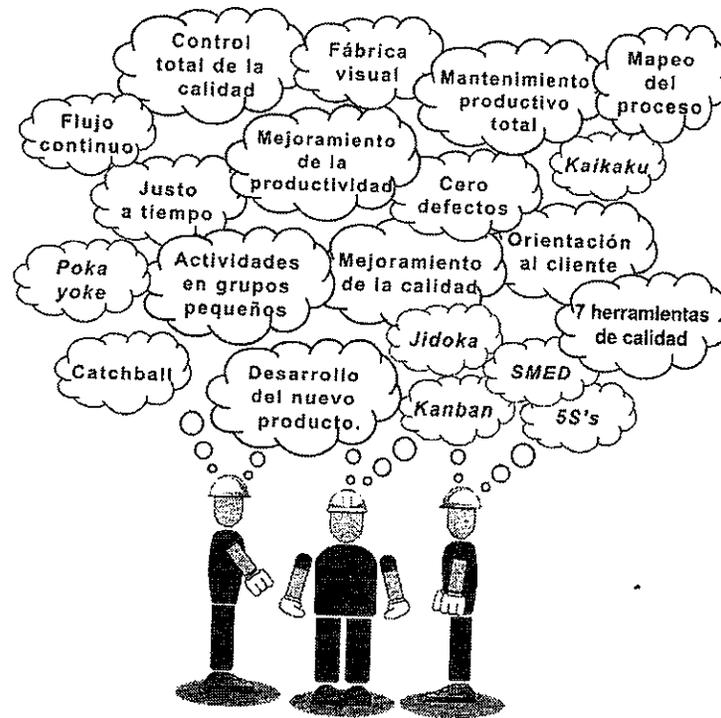
La esencia de las prácticas administrativas más "exclusivamente japonesas", ya sean de mejoramiento de la productividad, actividades para el control total de la calidad, círculos de control de calidad o relaciones laborales, puede reducirse a una palabra *kaizen*. *Kaizen* es el concepto que cubre esas prácticas "exclusivamente japonesas" que alcanzaron fama mundial (Figura 6.26).

6.17.1 *Kaizen* en función de la innovación

Existen dos enfoques contrastantes para progresar: el enfoque gradual y el enfoque del gran salto. Por lo general, el enfoque gradual se da mediante el *kaizen* y se genera en un proceso continuo, en tanto el otro, se hace a través de una innovación y, por lo general, es un fenómeno de una sola acción.

En la Tabla 6.7 se comparan las principales características de *kaizen* y de la innovación.

Para implementar el *kaizen* sólo se necesitan técnicas sencillas, convencionales, como las siete herramientas de control de calidad (diagramas de Pareto, diagramas de causa y efecto, plantillas de inspección, diagramas de dispersión, diagramas de flujo, histogra-

FIGURA 6.26. *Kaizen*.

mas y gráficas de control). Con frecuencia, todo lo que se necesita es sentido común. Por otra parte, la innovación requiere tecnología altamente sofisticada, así como también una enorme inversión.

Kaizen requiere una dedicación sustancial de tiempo y esfuerzo por parte de la administración. Las inyecciones de capital no sustituyen a esta inversión de tiempo y esfuerzo. Invertir en *kaizen* significa invertir en las personas. En pocas palabras, *kaizen* está orientado a las personas, en tanto la innovación está orientada a la tecnología y el dinero.

6.17.2 *Kaizen-blitz*

La palabra *blitz* significa corto plazo, concentrado, eliminación rápida de desperdicios en el lugar del trabajo. Entonces, se puede decir que *kaizen-blitz* se enfoca a producir mejoras radicales y rápidas en el desempeño de los procesos. Lo mejor de esto es que los resultados no se logran por profesionales con presupuestos ilimitados, sino por empleados comunes. Además, como no hay mucho tiempo para presentaciones, el lugar ideal para esto es el mismo punto de acción.

El *kaizen-blitz* sigue un proceso de 4 fases:

Fase 1 - Diagnóstico. Consiste en un análisis en

el lugar. Identificación de oportunidades, priorizar y calendarizar proyectos, y proporcionar un análisis de costos y ahorros. Planear la comunicación de los procesos y objetivos al resto de la planta. Planear, hacer, verificar y actuar, entre otras actividades a realizar.

Fase 2 - Planeación del taller. Aquí se pretende desarrollar un plan detallado del taller, en donde se colocan los objetivos y limitaciones, se identifican los equipos que actuarán en los procesos seleccionados, se identifican recursos requeridos y se planifica la reunión del taller.

Fase 3 - Implementación. Básicamente la intervención del *kaizen-blitz* está basada en ciclos rápidos o en entrenamiento y educación, para lo cual se requiere que en las sesiones se promueva el cambio de pensamiento. También se tiene un análisis y documentación del proceso actual, aprender y experimentar "nuevas" aproximaciones, desarrollar una nueva visión del área de trabajo, además de implementaciones rápidas y de la medición de los resultados.

Fase 4 - Seguimiento. Esta fase es crucial para mantener las ganancias obtenidas y fijar las mejoras de los equipos. Algunos cambios requieren de un periodo mayor de tiempo.

	Kaizen	Innovación
1. Efecto	Largo plazo y larga duración pero sin dramatismo	Corto plazo pero dramático
2. Paso	Pasos pequeños	Intermitente y no incremental
3. Itinerario	Continuo e incremental	Intermitente y no incremental
4. Cambio	Gradual y constante	Abrupto y volátil
5. Involucramiento	Todos	Selección de unos pocos "campesones"
6. Enfoque	Colectivismo, esfuerzos de grupo, enfoque de sistemas	Individualismo, aspersión de ideas y esfuerzos individuales
7. Modo	Mantenimiento y mejoramiento	Chatarra y reconstrucción
8. Chispa	Conocimiento convencional y estado del arte	Invasiones tecnológicas, nuevas invenciones, nuevas teorías
9. Requisitos prácticos	Requiere poca inversión, pero gran esfuerzo para mantenerlo	Requiere mucha inversión y pequeño esfuerzo para mantenerlo
10. Orientación al esfuerzo	Personas	Tecnología
11. Criterios de evaluación	Proceso y esfuerzos para mejores resultados	Resultados para las utilidades
12. Ventaja	Trabaja bien en economías de crecimiento lento	Mejor adaptada para economías de crecimiento rápido

TABLA 6.7. Características de *kaizen* y de la innovación (Imai, 2002).

Entonces, se tiene que la actitud *kaizen* consiste en pequeñas mejoras todos los días por todas las personas, lo cual es muy bueno, pero no suficiente. Debemos acelerar el proceso de mejora concentrando nuestra atención y recursos en donde las mejoras tengan mayor impacto.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- *Kaizen* es mejoramiento continuo, y es el proceso para hacer mejoras incrementalmente, no importa lo pequeñas que sean, y alcanzar las metas de *Lean Manufacturing* de eliminar todos los desperdicios que generan un costo sin agregar valor.
- *Kaizen-blitz* se enfoca a producir mejoras radicales y rápidas en el desempeño de los procesos.
- El *kaizen-blitz* se enfoca en una actividad en una o más áreas.
- El *kaizen-blitz* solamente puede tener éxito si la gerencia brinda todo su apoyo y cooperación a la fuerza de trabajo.
- En *kaizen*, las fases de diagnóstico, planeación y seguimiento son tan importantes como la misma implementación.

- El *kaizen-blitz* debe ser rápido, debe durar de 3 a 5 días, o menos tiempo si es posible.

6.18 Hoshin kanri

Hoshin kanri o administración por directrices (APD) es el sistema nervioso de la manufactura. Básicamente el *hoshin kanri* es un subsistema inmerso dentro del sistema del Control Total de Calidad (CTC), que permite a una organización planear y ejecutar innovaciones estratégicas, a través del desarrollo de planes de implementación apropiados a cada nivel jerárquico a través de toda la organización (Figura 6.27).

El *hoshin kanri* es el sistema administrativo de una empresa, para lograr la supervivencia a través de la satisfacción de las necesidades del cliente.

En la Figura 6.28, el modelo está asociado al ciclo PHVA. Esto significa que la implementación del *hoshin kanri* no es más que una implementación de este ciclo a nivel empresa. Este proceso de despliegue tiene como finalidad dar a conocer a todos los niveles de la empresa las directrices de la alta dirección, así como la traducción de dichas directrices en



FIGURA 6.27. Modelo Hoshin Kanri (Centro de Calidad - Modelo Hoshin Kanri - 1995 - Reproducida con autorización).

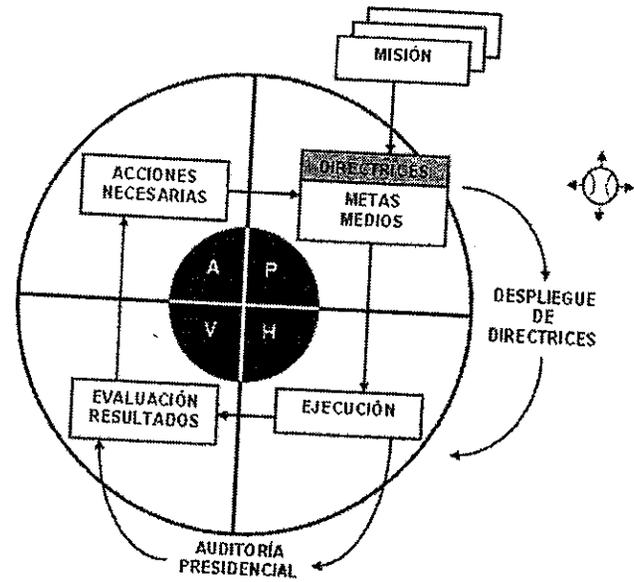


FIGURA 6.28. El Hoshin Kanri y el ciclo PHVA (Centro de Calidad - Modelo Hoshin Kanri y el ciclo PHVA- 1995 - Reproducida con autorización).

metas concretas y medios específicos a los niveles operativos para su ejecución.

Así mismo, se observa que los resultados de la ejecución son evaluados a través de la "evaluación presidencial", cuyo objetivo es determinar si el sistema está trabajando bajo control y si está operando como se había planeado. Esta evaluación se hace generalmente cada año, con el fin de verificar el avance, es decir, identificar las metas alcanzadas, establecidas previamente en el despliegue de directrices, y las desviaciones eventuales de las mismas. Con base en esta información, se planean acciones para el siguiente año.

Esta evaluación cuenta con tres fases, las cuales son: fase previa a la visita, visita a la planta y fase posterior a la visita.

El *hoshin Kanri* opera en dos niveles: estratégico y operativo. Estos dos niveles de desempeño son logrados a través de la administración interfuncional y funcional, respectivamente:

Administración interfuncional. Se encarga del establecimiento y cumplimiento de las metas prioritarias de la alta dirección a través del despliegue de las directrices y su control interfuncional. Su función es hacer realidad la misión de la empresa.

Administración funcional. Se encarga del mante-

nimiento y la mejora continua de las operaciones diarias de una empresa, y no es más que la práctica del control de calidad en cualquier actividad. Su función es el establecimiento, mantenimiento y mejora de los estándares para el logro de las metas de la organización.

6.18.1 El *hoshin Kanri* y el Control total de calidad (CTC)

Las etapas básicas para la implementación del CTC son:

Etapa I: Decisión

Esta etapa consiste en tomar la decisión de la implantación del CTC dentro de la empresa por parte de la alta administración.

Etapa II: Cambio en la forma de pensar

Desarrollar en la gente el uso del método científico para el análisis de datos en la toma de decisiones y para el control del proceso, con el fin de lograr la completa satisfacción del cliente.

Etapa III: Administración funcional

Se pretende que todos los responsables de área o de una función tengan o adquieran la habilidad de mantener y mejorar su trabajo diario, y que tengan

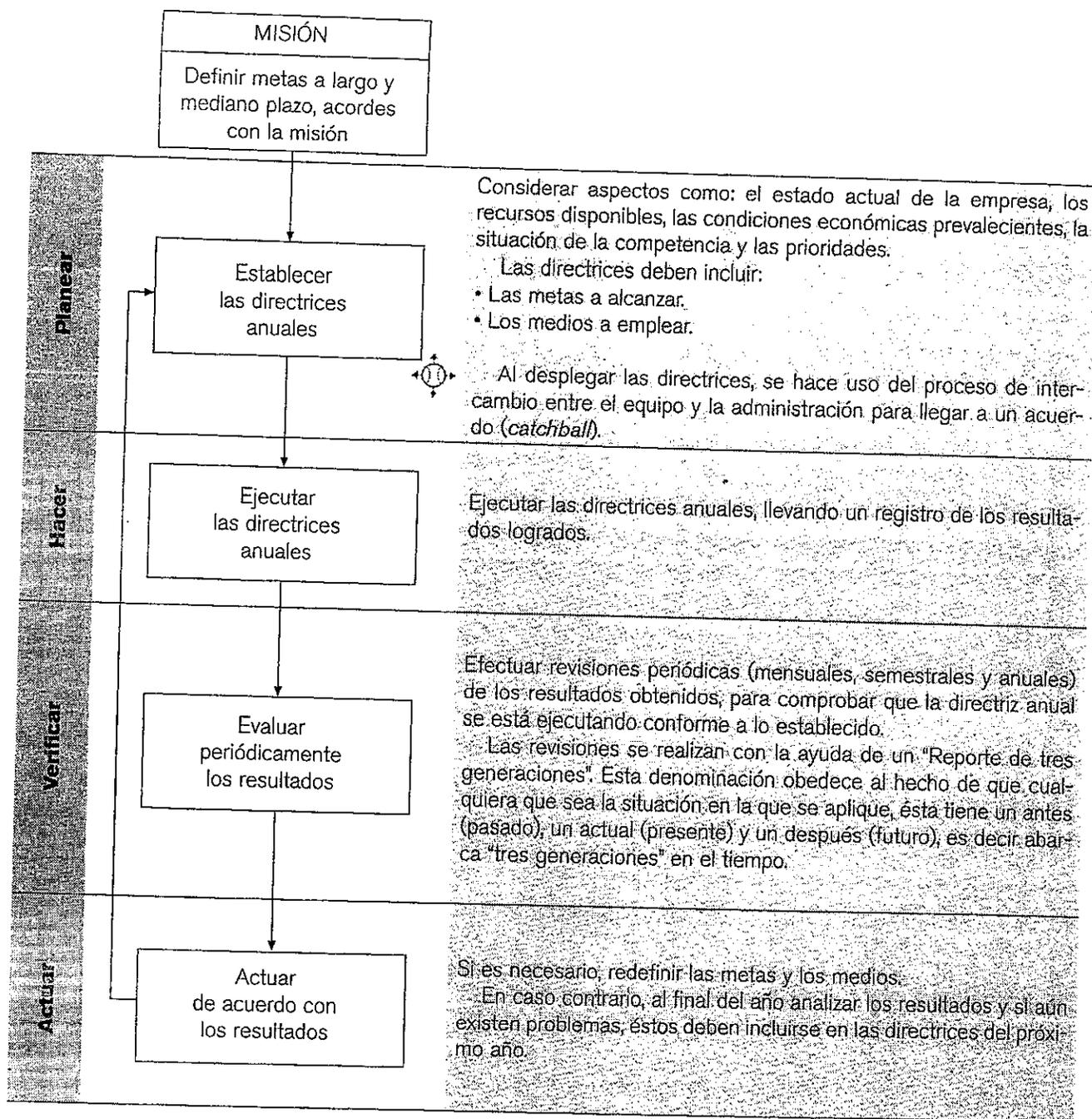


FIGURA 6.29. El proceso del *Hoshin kanri* (Centro de Calidad - Modelo *Hoshin kanri* - 1995 - Reproducida con autorización).

bien claro cuáles son sus responsabilidades dentro de la organización.

no como interno.

Etapa IV: Administración interfuncional

Se enfocan todos los esfuerzos de todas las áreas de la organización en una misma dirección. Esta dirección es el resultado de un planteamiento estratégico de la empresa, que surge de un análisis tanto exter-

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Proceso de planeación e implementación continuo que mejora durante el año (ciclo PHVA).
- Enfoque en los sistemas clave (medios) que necesitan ser mejorados para lograr las metas estratégicas.

- Participación y coordinación de todos los niveles y departamentos en planeación, desarrollo y despliegue de metas anuales y métodos.
- Planeación y ejecución basada en hechos y datos.
- Despliegue de metas y planes de acción desde la alta dirección hasta los niveles operativos, con base en la capacidad real de la organización.

7. Nivelación

Ya se conoce cómo determinar la demanda y se tienen las bases para poder establecer un flujo dentro del proceso de producción. Ahora se abordará el tercer y último punto dentro de estas tres fases, la nivelación. Sin lugar a dudas, éste es uno de los aspectos más importantes y delicados de todo el proceso, ya que aquí se buscará distribuir durante el turno, el día o la semana, el trabajo requerido en la célula o línea de producción para satisfacer la demanda del cliente.

Para ello se requiere conocer la respuesta a preguntas como cuál es el tamaño mínimo de los lotes o días o inventarios que el sistema mantiene, qué tipos de tarjetas de *kanbans* se deben usar, cómo se deben distribuir y mover las tarjetas de *kanbans*, en qué parte del proceso se pueden programar los requerimientos de la producción, cómo usar una caja *heijunka*, qué ruta debe seguir el *runner*, etcétera. Con estas respuestas se puede tener una idea de cómo distribuir el trabajo que permita manejar diferentes volúmenes y variedad de productos, además de reducir los inventarios en proceso, para poder entregar órdenes pequeñas a los clientes.

A continuación, se muestran las herramientas ne-

cesarias que pueden ayudar a contestar las anteriores preguntas, con el fin de nivelar y controlar la producción.

7.1 Heijunka (nivelación de carga)

Heijunka es un sofisticado método para planear y nivelar la demanda del cliente a través del volumen y variedad a lo largo del turno o del día. Si hay una pequeña variedad o no en el producto, tal vez no se necesite este nivel de sofisticación. Si se manejan lotes pequeños o flujo continuo de una pieza, la demanda de partes está sujeta a repentinas fluctuaciones (picos y valles) de producción. Las órdenes de producción grandes tal vez ocasionen inmediatamente inventarios, haciendo más difícil la administración.

Heijunka puede ser la clave para establecer un verdadero sistema de jalar en una fábrica. *Heijunka* usa retiros constantes en base al *pitch*, pero se divide en unidades basándose en el volumen y la variedad de los productos que serán manufacturados. Por ejemplo, considere un proceso que hace 4 productos relacionados en paquetes estándar de 15, como se muestra en la siguiente tabla.

Productos	A01	B02	C03	D04	TOTAL
Requerimiento diario	300	240	180	60	780
Cantidad por paquete	15	15	15	15	60
# de <i>kanbans</i>	20	16	12	4	52

TABLA 7.1. Ejemplo de *Heijunka*.

En cada caso, el número de *kanbans* es determinado dividiendo los requerimientos diarios entre la cantidad de los paquetes. El total de requerimiento

diario es 780 unidades, y el tiempo de producción disponible en los dos turnos es de 52,800 segundos. Este tiempo se obtiene de:

Tiempo de producción disponible:	8 horas x 60 minutos	= 480 minutos
	Descanso de 10 minutos	= - 10 minutos
	Dos comidas de 15 minutos	= - 30 minutos
	480 - 40	= 440 minutos

Para convertir en segundos: 440 minutos x 60 segundos = 26,400 segundos
 Para los dos turnos: 26,400 segundos x 2 turnos = 52,800 segundos

Esto significa que el *takt time* es igual a 67.6 segundos y el *pitch* es igual a 1,014 segundos (16.9 minutos):

Takt time = Tiempo de producción disponible / cantidad total requerida diariamente
Takt time = 52,800 segundos / 780 unidades
Takt time = 67.6 segundos
Pitch = *Takt time* x cantidad por paquete
Pitch = 67.69 segundos X 15 unidades por contenedor
Pitch = 1,014 segundos o 16.9 minutos

Entonces, cada 16.9 minutos, 15 unidades deben estar listas para embarcarse. Ahora la pregunta es de cuál producto son las 15 unidades. Durante el transcurso del día, el proceso debe producir 20 contenedores de A01, 16 contenedores de B02, 12 contenedores de C03 y 4 contenedores de D04. En otras palabras, la distribución es A01 : B02 : C03 : D04 es 20 : 16 : 12 : 4. Reduciéndolo a términos más pequeños, la programación es 5 : 4 : 3 : 1. La distribución de nivelación de la producción es administrada a través de la distribución de los *kanbans* usando la caja *heijunka*.

Para implementar de una manera clara *heijunka* se requiere un sentido de comprensión de lo que es la demanda del cliente y de los efectos de ésta en el proceso. *Heijunka* no es algo que se pueda poner en un lugar y se den los resultados: requiere una estricta atención en los principios de estabilización y estandarización.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Si fabrican una variedad de productos, la nivelación de la carga tal vez puede ser la clave para establecer un sistema jalar en la empresa.
- *Heijunka* usa retiros constantes sobre el *pitch*, pero se divide en unidades basadas sobre el volumen y la variedad de los productos que serán manufacturados.
- En cada caso, el número de *kanbans* es determinado dividiendo los requerimientos diarios entre la cantidad de los paquetes.

- La distribución de nivelación de la producción es administrada a través de la distribución de los *kanbans* usando la caja *heijunka*.
- *Heijunka* requiere de una estricta atención en los principios de estabilización y estandarización.

7.2 Caja *heijunka*

La caja *heijunka*, o caja de nivelación, es un dispositivo físico usado para administrar la nivelación del volumen y la variedad de la producción sobre un periodo específico de tiempo. La carga es nivelada considerando el uso más eficiente del equipo y de las personas. Las tarjetas *kanbans* son colocadas en el espacio de la caja según corresponda el incremento del *pitch* en los productos que deben elaborarse para embarcarse y rellenarse subsecuentemente.

En el ejemplo anterior del *heijunka*, se determinó la nivelación de la producción que debe alcanzarse basándose en la siguiente distribución: A01 : B02 : C03 : D04 = 20 : 16 : 12 : 4.

La Tabla 7.2 representa una caja *heijunka*. En la columna de la izquierda, se muestran 26 incrementos del *pitch*, y en la derecha se tiene qué producto está listo para embarcarse y rellenarse subsecuentemente durante periodos de cada 16.9 minutos. Note que la caja *heijunka* se carga en el sentido que aproximadamente refleje la distribución que se muestra a continuación:

- Producto A01 se hace durante los cinco primeros periodos del *pitch*.

- Producto B02 se hace durante los cuatro siguientes periodos.
- Producto C03 se hace durante los otros tres siguientes periodos.
- Después de correr D04, se debe dedicar el siguiente periodo de *pitch* para correr un contenedor de este producto.
- La secuencia establecida anteriormente se repite durante el segundo turno.

Incremento del <i>Pitch</i>	Producto
6:30 - 6:40	Inicio del primer turno - junta con el operador
6:40:00 - 6:56:54	A01
6:56:54 - 7:13:48	A01
7:13:48 - 7:30:42	A01
7:30:42 - 7:47:36	A01
7:47:36 - 8:04:30	A01
8:04:30 - 8:21:24	B02
8:21:24 - 8:31:24	Descanso - no se produce
8:31:24 - 8:48:18	B02
8:48:18 - 9:05:12	B02
9:05:12 - 9:22:06	B02
9:22:06 - 9:39:00	C03
9:39:00 - 9:55:54	C03
9:55:54 - 10:12:48	C03
10:12:48 - 10:29:42	D04
10:29:42 - 11:00	Descanso - no se produce
11:00 - 11:16:54	A01
11:16:54 - 11:33:48	A01
11:33:48 - 11:50:42	A01
11:50:42 - 12:07:36	A01
12:07:36 - 12:24:30	A01
12:24:30 - 12:41:24	B02
12:41:24 - 12:58:18	B02
12:58:18 - 13:58:18	Descanso - no se produce
13:58:18 - 13:25:12	B02
13:25:12 - 13:42:06	B02
13:42:06 - 13:59:00	C03
13:59:00 - 14:15:54	C03
14:15:54 - 14:32:48	C03
14:32:48 - 14:49:42	D04
14:49:42 - 15:00	Fin del primer turno - 5S

TABLA 7.2. Caja *Heijunka* incremento del *pitch*.

Note que al final del primer turno, los requerimientos de la producción se cumplieron. Diez contenedores de A03, 8 contenedores de B02, 6 de C03, y 2 contenedores de D04, habían sido producidos. La tabla que se presentó anteriormente explica mejor el ejemplo de la caja.

La caja *heijunka* se representa comúnmente como se muestra en la Figura 7.1 (en realidad, se fabrica una caja o un pizarrón con las casillas en las cuales se colocarán las tarjetas *kanbans*).

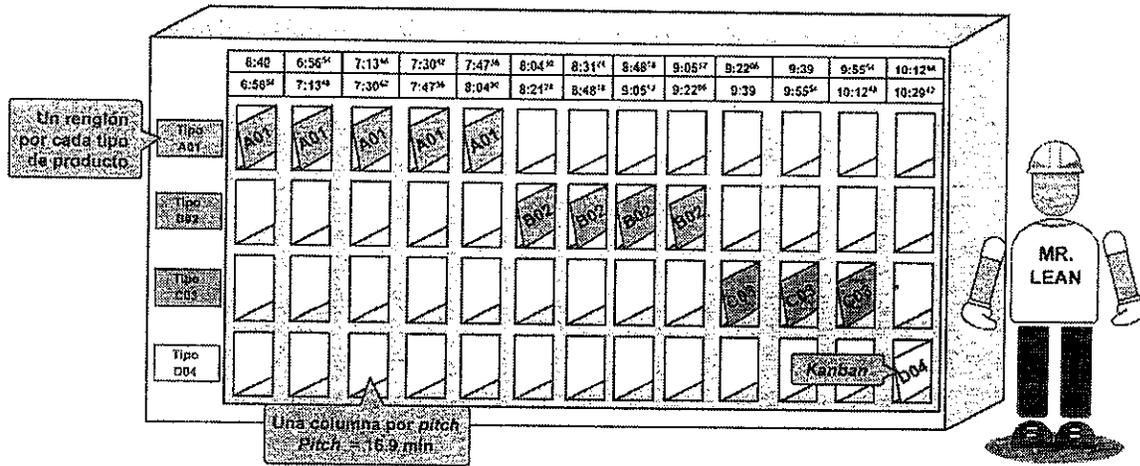


FIGURA 7.1. Caja *heijunka*. La caja *heijunka* representa la programación de medio turno.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Una caja *heijunka* debe tener un renglón para cada uno de los clientes o producto (o por cada color).
- La caja debe tener una columna por cada lapso del *pitch*; por ejemplo si el *pitch* es de 10 minutos, debe contar con una columna para cada 10 minutos. En este ejemplo el *pitch* fue de 16.9 minutos.
- No debe tenerse más de una tarjeta u orden *kanban* por casilla dentro de la caja *heijunka*.
- Los niveles de los renglones sobre la caja deben incluir las piezas por producto.
- Revisar el *pitch* para tenerlo conforme a la demanda; se debe evitar pensar que sólo con calcularlo una vez es suficiente.

cual significa que todos los aumentos en el *pitch* serán idénticos.

Recuerde que el estado ideal es el flujo de una pieza. Los clientes usualmente quieren productos en contenedores que tengan paquetes con cantidades estándar. El retiro constante nivela la producción dividiendo el total de requerimientos por turno o día en lotes iguales a paquetes con cantidades iguales. El *pitch* determina la frecuencia con la cual los contenedores se hacen para embarcarse.

Para poder aplicar la técnica de retiro constante dentro del proceso, se recomiendan los siguientes pasos:

1. Calcular el *takt time* y el *pitch*.
2. Determinar la cantidad a empacar. Las cantidades a empacar pueden ser establecidas por el cliente. Si esto no es así, entonces pueden determinarlas mediante el tamaño de los contenedores, el transporte de cantidades lógicas dentro de la planta, las restricciones de mover los materiales, la capacidad del equipo o mediante la experiencia de los equipos *kaizen* con conocimiento en la operación.

7.3 Retiro constante (*Paced Withdrawal*)

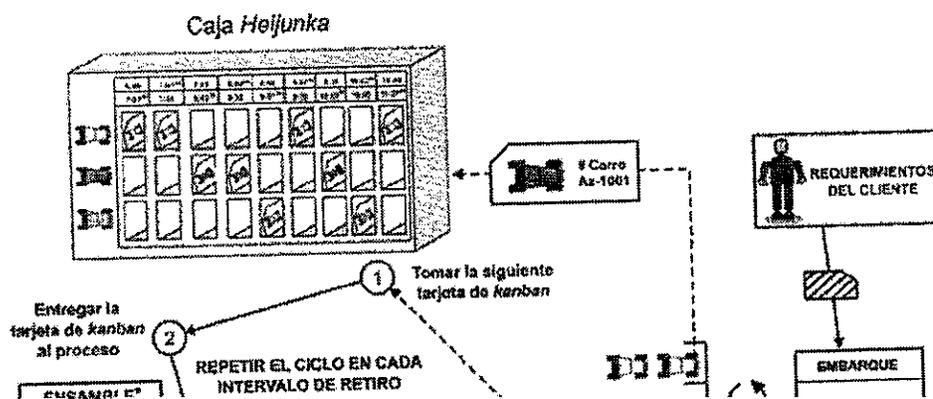
Es un sistema para mover pequeñas cantidades de productos de una operación o proceso a otro, en intervalos de tiempos iguales para el *pitch*. Los retiros constantes son usados cuando no se tiene una gran variedad de productos en el mapa de valor, lo

3. Crear el retiro constante, basándose en la demanda del cliente.
4. Negociar con sus proveedores en cuanto a las entregas frecuentes, cantidades y otros.
5. Requerimientos (tamaño de los contenedores, durabilidad, etcétera).
6. Estandarizar el trabajo para el retiro constante, y las rutas de entrega para los trabajadores.
7. En la Figura 7.2 se puede ver la representación de un retiro constante.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- El retiro constante es usado cuando se espera que la demanda sea constante, o cuando la cantidad de paquetes a entregar también lo son.
- Si la demanda no se cumple a tiempo, tres cosas deben pasar:

- Notificar al gerente.
- Usar el inventario de seguridad o el **buffer** para cumplir con la orden.
- Arreglar el problema.
- El retiro constante es usado cuando no se tiene una variedad de productos en el mapa de valor.
- Según como se vaya ganando habilidad para disminuir el tamaño de los lotes, se puede negociar con el cliente para tener entregas más frecuentes en cantidades más pequeñas.
- El retiro constante es un sistema de control de inventarios. El cliente usualmente quiere productos en contenedores que tengan paquetes con una cantidad estándar. La nivelación de la producción mediante el retiro constante se hace dividiendo el total de requerimientos por turno o día dentro de lotes iguales para la cantidad de los paquetes.



entregarlas en el lugar apropiado. Si la caja *heijunka* se usa, el *runner* retira las tarjetas *kanbans* usándolas como órdenes de trabajos visuales. En ese sentido, la caja *heijunka* es como una caja de correo del mapa de valor y el *runner* es el cartero. Si la caja *heijunka* no ha sido usada, entonces el *runner* recoge y entrega las partes del almacén conforme se requieren para mantener un flujo eficiente a través de las áreas de trabajo o células.

Los *runners* juegan un papel importante en la solución de problemas, porque ellos continuamente monitorean el funcionamiento del *pitch* (o *takt time*) en la línea o la célula. Los *runners* están involucrados en qué tan bien cumple el mapa de valor con los requerimientos del cliente. Normalmente, cuando los problemas ocurren, un operador inmediatamente notifica al líder del equipo o al supervisor y el problema es direccionado después de haber ocurrido. El *runner* es la única persona que ayuda a prevenir los pequeños problemas antes de que se conviertan en grandes e interrumpen el flujo del proceso.

Los pasos que se recomiendan seguir para crear un *runner* dentro del proceso son los siguientes:

1. Iniciar con el estudio del mapa de valor estado futuro.
2. Determinar la ruta del *runner* usando los datos del retiro constante (*paced withdrawal*), *takt time* y el *pitch* para las áreas objetivos.
3. Crear actividades estándar para la ruta de los *runners*.
4. Crear un carrito para el *runner*, que le permita cubrir adecuadamente la ruta. Este carrito debe ser pequeño y visualmente controlable.
5. Entrenar al *runner*, y tener un respaldo, para cada turno.

En la Figura 7.3, se puede apreciar la representación de un *runner*.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- El *runner* juega un papel importante en la solución proactiva de problemas. Dado que el *runner* monitorea el funcionamiento de las líneas o células, así como el *pitch* (o el *takt time*), el *runner* es quien está en contacto directo para que se cumpla con los requerimientos y se logren satisfacer las expectativas del cliente. Entonces, el *runner* está en una

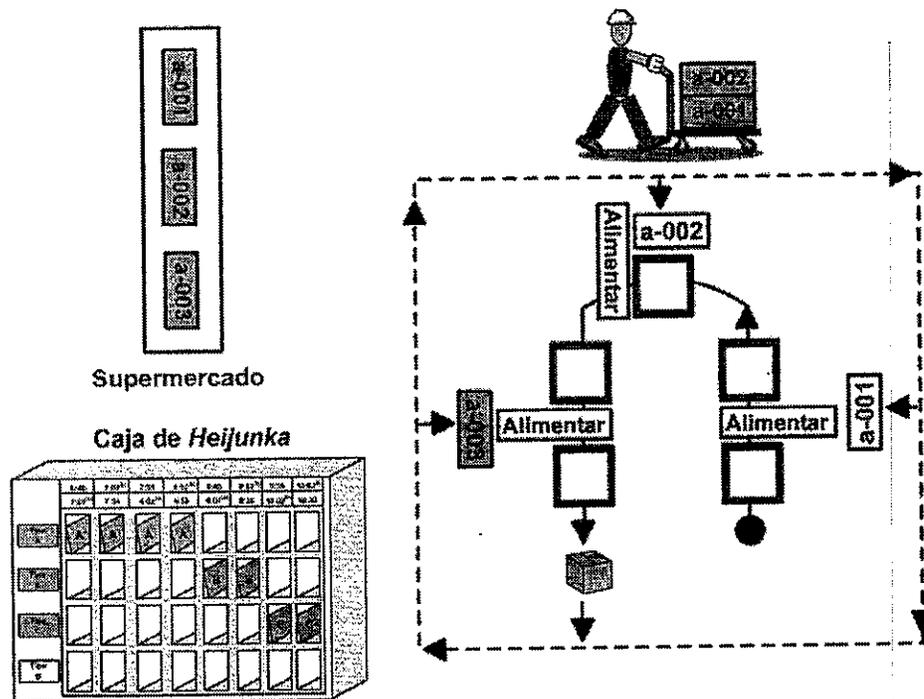


FIGURA 7.3. Un ejemplo de un *runner*.

posición única para prevenir problemas que afecten seriamente la producción, en caso de ocurrir.

- Recuerde asignar tiempo para que el *runner* pueda ir a almacén a surtirse con lo que se requiere para alimentar la línea de producción, así como trazar la ruta del *runner* dentro del *layout* de la planta.
- Cuando se haga el balanceo de línea, se puede tomar un trabajador de la operación. Ésta es una perfecta oportunidad para reasignar a esa persona como un *runner*.

7.5 Medibles de la Manufactura esbelta

Los medibles son usados de una manera muy diferente en *Toyota*, si se le compara con las demás compañías. Los medibles son una herramienta para rastrear el progreso de la compañía y son clave para el mejoramiento continuo. La mayoría de las compañías ven los medibles como una herramienta para un control de costos a corto tiempo; la administración es quien no entiende el significado real.

Lo que recomienda como primer paso es eliminar todo los medibles que no sean esbeltos, que son un verdadero caos. El siguiente paso es medir una variedad de puntos enfocados al mapa de valor desde el tiempo de entrega (*lead time*) hasta los niveles de inventarios, así como la calidad de la primera vez y tratar estos medibles con tal seriedad como la productividad y otros medibles de costos a corto plazo.

Existen muchas maneras y puntos de vista que permitirán elegir los medibles indicados para cada tipo de proceso dependiendo del giro de la empresa. En esta sección se desarrollaron ocho pasos, los cuales permitirán darse una idea de cómo establecer los medibles:

1. Reunirse en equipo para definir los objetivos.
2. Hacer una evaluación de la Manufactura esbelta.

Los medibles esbeltos siempre se basan en los 7 tipos de desperdicios. Para encontrar los medibles que mejor encajen dentro del mapa de valor, se requiere hacer una evaluación de la Manufactura esbelta (por ejemplo, una evaluación rápida de la planta). Esta evaluación dará una idea de en qué nivel de la Manufactura esbelta se encuentra el área, proceso o planta.

3. Determinar los medibles de la Manufactura esbelta. Establecer los medibles que sean los indicados para la organización depende de gran medida de las circunstancias de la situación. En seguida se muestra una lista de medibles clave:
 - Vueltas de inventario.
 - *Throughput* (partes por operario-hora).
 - Calidad a la primera – Eficiencia de primera vez.
 - Entregas a tiempo.
 - Seguridad (OSHA).
 - Valor agregado (porcentaje, por persona, por trabajo directo, por hora).
 - Vueltas de Inventarios.
 - Equipo usado con base en la demanda.
 - Efectividad global del equipo (*Overall Equipment Effectiveness - OEE*).
 - Tiempo de ciclo (orden por embarque).
4. La administración debe comprometerse con los medibles, usando el proceso de *catchball* entre el equipo y la administración para llegar a un acuerdo sobre los medibles a utilizar. *Catchball* es un método muy simple: alguien inicia un proyecto (define el propósito, objetivo, metas y algunas otras ideas); después se lo comunica a otras personas para obtener retroalimentación y establecer las acciones; posteriormente, quien inició el proyecto revisa las sugerencias, y en caso de que haya algún otro cambio, se vuelve a repetir el sistema hasta que es aprobado por la administración y por la gente de piso.
5. Calcular la base de los medibles. Obtener cada medible para determinar el punto de partida. También se requiere decidir:
 - a. Quién será el responsable de hacer las mediciones.
 - b. Qué tan frecuentemente se medirá.
 - c. Las formas utilizadas para recolectar los datos.
 - d. Cómo serán reportados los datos.
 - e. El tipo de gráfica que se usará y en dónde se mostrará.
6. Seleccionar los objetivos de cada medible y definir nuevas metas.
7. Hacer que los medibles sean visuales.
 - Los medibles que no se muestran, siempre llegan a fallar.

- Practicar "la democracia en la información". Muestre los medibles para que todos los vean. Los medibles deben hacer sólo una cosa: proveer información, porque la información que no se comparte se vuelve inútil.
- Mostrar la información provoca que la gente la vea y use.
- Continuar midiendo y mostrar los resultados, además de ir definiendo nuevas metas.

Ahora, si se desea tener una visión completa de toda la compañía, se pueden medir 4 puntos críticos a considerar. Éstos son:

a. Ventas, producción y administración de inventarios.

Esta parte tiene que ver con el manejo de materiales dentro de la organización. Los puntos a medir son: análisis de la ruta de la calidad del producto, pronóstico, flujo continuo de la producción, *kanban*, supermercado, señales visuales para jalar, capacidad de la planeación, inventario en proceso, vueltas de inventario, información del producto y entregas.

b. Cómo la organización se compromete con el concepto.

Este punto está relacionado con la cultura dentro de la empresa. Se puede estar bien en todos los indicadores, pero nunca se llegará a la perfección si se descuida el recurso más importante, que es la gente. Los puntos a medir son: visión, plan de acción, despliegue de políticas, cultura del mejoramiento continuo, moral, entrenamiento en *Lean*, liderazgo efectivo, promoción del *kaizen*, enfoque en la seguridad, cambios administrativos, entre otros.

c. Administración de la calidad total.

Esta sección se enfoca en el TQM. Para elegir los medibles se puede utilizar la estructura del ISO 9000, del Seis Sigma, de la metodología Malcolm Baldrige, o cualquier otro sistema de calidad; "sólo se tiene que hacer las cosas bien a

la primera"; esa es una parte crítica dentro de este proceso.

d. Técnicas de la Manufactura esbelta.

Se tienen muchas herramientas que medir, pero en la habilidad de identificar cuáles son las indicadas, está la clave dentro del proceso de implementación. Los puntos a medir son: mapa del proceso, *takt time*, flujo de una pieza, sistema jalar, *SMED*, velocidad del flujo, productividad, trabajo estándar, *jidoka*, *TPM*, valor agregado, balanceo de línea, reducción del manejo de materiales, entre otros.

Cada principio tiene diferentes números de indicadores. Estos se miden del cero al diez, en donde el cero es la peor calificación y el diez es la puntuación más alta, la perfección.

El diez se puede establecer como la calificación más alta para la mejor actuación. El valor del 10 puede ir cambiando según se van haciendo mejoras y los estándares van subiendo. Cada compañía debe determinar cuál es la meta que considera que merece la calificación de diez.

Cada organización debe determinar cuáles indicadores son claves para ver en dónde están en su camino de búsqueda de la perfección. Algunos de los indicadores pueden ser de gran importancia para algunos mientras que para otros son comunes y corrientes.

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Después de que el equipo ha establecido los medibles de la Manufactura esbelta y los objetivos a lograr, es importante establecer una constante comunicación entre los altos directivos, con el propósito de asegurarse de que están comprometidos con los medibles.
- Los medibles de la Manufactura esbelta deben ser fáciles de estratificar, ya que estos proveen una visión global del mapa de valor así como mediciones en específico para las células y mejoramientos reales.

El enfoque de todo este sistema es la eliminación del desperdicio o *muda*. Uno de los antídotos para eliminarlo es el Pensamiento esbelto, inspirado en el sistema que usa *Toyota* para la fabricación de sus automóviles, el cual brinda una forma para especificar valor, alinea las acciones que crean valor dentro de la mejor secuencia, conducen estas actividades sin interrupciones en cualquier momento que se les requiera y las hacen cada vez más eficientes. El Pensamiento esbelto es así porque provee una forma de hacer más y más con menos y menos (menos personal, menos equipo, menos tiempo, menos espacio) mientras se hace más corto el tiempo en brindarle al cliente lo que exactamente desea.

El Pensamiento esbelto también brinda una manera de hacer el trabajo más satisfactorio mediante la inmediata retroalimentación de los esfuerzos por convertir el desperdicio en valor.

8.1 Valor

El punto de partida para el Pensamiento esbelto es el valor. El valor solamente lo puede definir el consumidor final. El valor lo crea el fabricante. Desde el punto de vista del consumidor, ésta es la razón por la cual el fabricante existe. No obstante, por muchas razones, es muy difícil definir el valor de modo preciso por parte de los fabricantes.

El Pensamiento esbelto debe iniciarse con un intento consciente de definir el valor de forma precisa en términos de productos específicos, con capacidades específicas, ofrecidos a precios específicos, a través de un diálogo con consumidores específicos. La forma de hacerlo es ignorando las tecnologías y activos actuales y replanteando las empresas actuales sobre la base de una línea de producto con equipos de producto especializados.

En resumen, precisar valor es el primer paso dentro del pensamiento esbelto. Proporcionar un producto o servicio incorrecto de forma correcta es desperdicio.

8.2 Mapa de valor

El mapa de valor es el conjunto de todas las acciones requeridas para pasar un producto específico (un producto o servicio, o una combinación de ambos) por las tres tareas de gestión críticas de cualquier empresa: la tarea de *solución de problemas*, que se inicia en la concepción y sigue en el diseño detallado e ingeniería, hasta su lanzamiento a la producción; la *tarea de gestión de la información*, que va desde la recepción del pedido a la entrega de éste, a través de una programación detallada; y, por último, la *tarea de transformación física*, con los procesos existentes desde que se adquiere la materia prima hasta que el producto terminado queda en manos del cliente.

La identificación de la totalidad del flujo de valor para cada producto (o en algunos casos, para cada familia de productos) es el próximo paso en el campo del pensamiento esbelto; un paso que las empresas han intentado en raras ocasiones, pero que casi siempre revela la existencia de enormes cantidades de desperdicios.

El análisis del flujo de valor mostrará casi siempre la existencia de tres tipos de acciones a lo largo del mismo:

1. Se descubrirán muchos pasos cuya creación de valor es inequívoca.
2. Se descubrirán muchos otros pasos que no crean valor alguno, pero son inevitables de acuerdo con la tecnología actual y los activos de producción disponibles.
3. Y se tendrá que muchos pasos adicionales no crean valor alguno y pueden evitarse de modo inmediato.

El Pensamiento esbelto debe ir más allá de la compañía. Se debe examinar todo el entorno: la serie completa de actividades vinculadas a la creación y producción de un producto específico, desde la concepción del mismo, siguiendo por su diseño detallado, hasta su disponibilidad real; desde la venta inicial a partir de la recepción del pedido y la progra-

mación de la producción hasta la entrega; y desde las materias primas hasta el producto terminado y recibido por el cliente. El mecanismo organizacional para realizar esto es a lo que se le llama "iniciativa esbelta", una continua comunicación entre las partes interesadas, para que todas las actividades agreguen valor dentro de un flujo continuo, mientras se eliminan los desperdicios del proceso.

8.3 Flujo

Después de conocer cuáles son los pasos que agregan valor dentro de todo el proceso y de haber mapeado todo el proceso de la organización, el siguiente paso es la creación de flujo para las actividades que agregan valor.

Taiichi Ohno y sus asociados consiguieron el flujo continuo en producciones de pocas unidades, en la mayoría de los casos sin líneas o cadenas de ensamble, aprendiendo a cambiar rápidamente los dados o útiles necesarios para pasar a la fabricación de un nuevo producto y ajustando las máquinas al tamaño y capacidad adecuadas (miniaturizar / "*right sizing*") para que los pasos del proceso de fabricación de distintos tipos (por ejemplo, moldeo, pintura y ensamble) pudieran llevarse a cabo inmediatamente uno después del otro, manteniendo en flujo continuo el objeto que se estaba fabricando.

El problema básico de todo esto es que el pensamiento sobre el flujo va en contra de lo lógico. Para la mayoría de la gente, es obvio que el trabajo debe ser organizado por departamentos y lotes. Entonces, una vez que los departamentos y el equipo especializado se han puesto en marcha para fabricar lotes a gran velocidad, tanto las aspiraciones de las carreras de los empleados de los departamentos, como los cálculos de la contabilidad del corporativo (que desean mantener los costosos activos a su máxima capacidad) trabajan fuertemente en contra de cambiar al sistema de flujo continuo dentro de la compañía.

El movimiento de la reingeniería ha reconocido que el pensamiento según el modelo de departamentos está por debajo del nivel óptimo y ha tratado de cambiar el enfoque desde las categorías organizacionales (departamentos) a los "procesos" que crean valor. El problema está en que los expertos en reinge-

nería no han avanzado lo suficiente desde un punto de vista conceptual (Womack, 1996).

La alternativa de la Manufactura esbelta es redefinir las funciones, departamentos y la empresa, para que se pueda hacer una contribución positiva a la creación de valor y para dirigirse a las necesidades reales del personal en cada punto del flujo, de forma que sea realmente de su interés hacer que el valor fluya.

8.4 Jalar

Jalar, en términos sencillos, significa que nadie debe producir un producto o servicio hasta que el cliente pregunte por él, pero hoy en día seguir esta regla es un poco más complicado. La mejor manera para entender la lógica y el reto del pensamiento jalar es iniciar con un consumidor real, que expresa una demanda para un producto real, y una señal de trabajo para todos los pasos que se requieren para brindarle al producto o servicio el valor que el consumidor desea.

En pocas palabras, si el cliente no consume un producto o da la señal de que requiere uno, ninguno de los procesos debe producir algo, ya que no se requiere cubrir ninguna necesidad o señal, y únicamente se estarían generando desperdicios en el proceso.

8.5 Perfección

A medida que las organizaciones empiezan a especificar el valor de modo preciso, mapear el proceso, crear flujo continuo para productos específicos y permitirles a los clientes que sean quienes atraigan hacia ellos el valor de los productos de la empresa, comienza a suceder algo muy extraño. Las personas involucradas caen en la cuenta de que no hay límite en el proceso de reducción de espacios, tiempos, costo, esfuerzo y errores, a la vez que se ofrece un producto que está más cerca de lo que el cliente realmente desea. De repente, la perfección, el quinto y último principio del pensamiento esbelta, no parece una idea disparatada.

Los cuatro principios iniciales interactúan entre sí generando valor dentro de un flujo cada vez más rápido, expone los desperdicios que estaban ocultos en

el proceso. Y conforme más fuerte sea el jalón del cliente, más se pondrán de manifiesto los obstáculos al flujo, que de esta forma podrán ser eliminados.

Tal vez el estímulo más importante para la perfección es la transparencia, el hecho de que en un sistema de Manufactura esbelta cualesquiera –subcontratista, proveedores, los sistemas integrados (frecuentemente llamados ensambladores), distribuidores, clientes, empleados– puedan ver todo de forma que resulte más fácil descubrir mejores metodologías para la creación de valor. Además, se produce una retroalimentación prácticamente instantánea y altamente positiva para los empleados que hacen mejoras, un rasgo clave del trabajo esbelto y un estímulo poderoso para seguir haciendo esfuerzos para mejorar.

8.6 El círculo de la Manufactura esbelta

Las herramientas esbeltas, que se han venido describiendo a lo largo de este trabajo, se pueden agrupar

dentro de los cinco principios de la manufactura esbelta (Figura 8.1):

1. Valor: valor agregado, desperdicios.
2. Mapa de valor: *takt time*, *pitch*, *takt image*, mapeo del proceso.
3. Flujo: flujo continuo, células de trabajo, balanceo de línea, trabajo estandarizado, cambios rápidos (*SMED*), Mantenimiento autónomo, Mantenimiento productivo total, flujo de una pieza a la vez (*one piece flow*), *jidoka*, *justo a tiempo*, supermercado de producto en proceso y terminado, inventario de seguridad y amortiguador (*buffer and safety inventories*), primeras entradas, primeras salidas; 5 S, fábrica y administración visual, *poka yoke*, *hoshin kanri*.
4. Jalar: sistemas de *kanban*, retiro constante (*paced withdrawal*), *heijunka* (nivelación de carga), caja *heijunka*, el *runner*.
5. Perfección: *kaizen*, medibles de *Lean Manufacturing*.

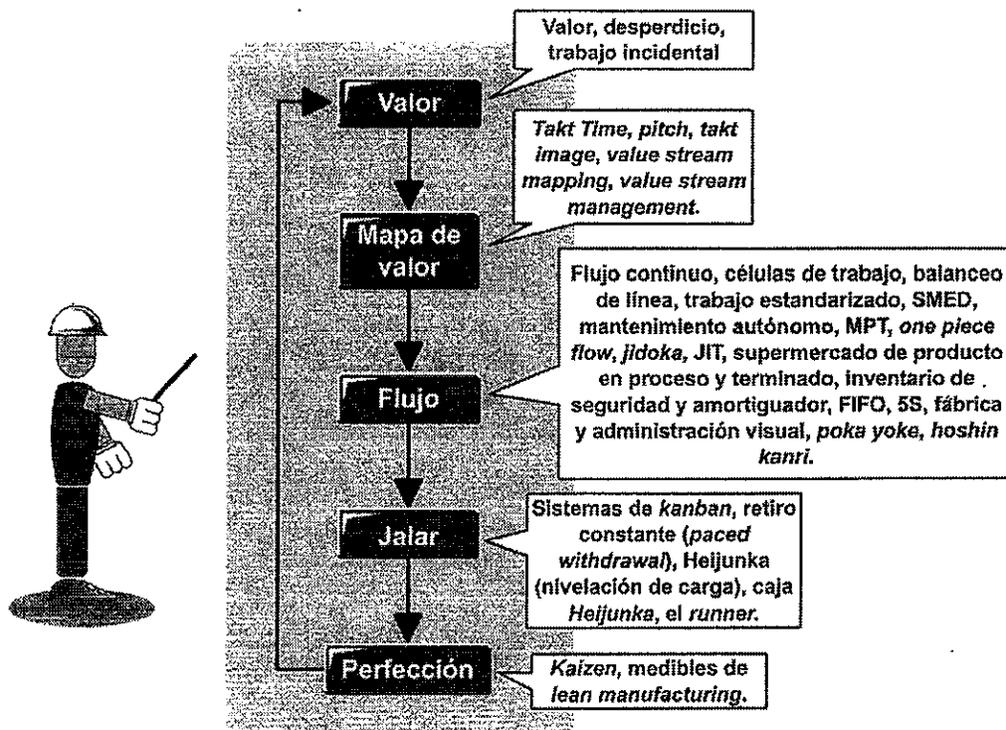


FIGURA 8.1. Herramientas esbeltas dentro de los cinco principios (Womack y Jones, 1996), complementado por los autores.

9. Evaluación

Para medir el avance de la implementación de la Manufactura esbelta dentro de las empresas, es importante contar con un sistema de evaluación (Tabla 9.1), basado en las herramientas mencionadas dentro de los cinco principios de la Manufactura esbelta.

De esas herramientas, se hizo una selección de 23 que se consideraron claves en el proceso de implementación y que, además, permitirán brindar una visión más general de su situación actual de una manera rápida y confiable.

Para ello se tiene 4 niveles, en donde el 1 es el peor y el 4 el mejor. En pocas palabras, van de no tener

nada hasta tenerlas implementadas y funcionando correctamente. Con base en esto, se genera una calificación que, al final, se traduce en un promedio, el cual permite obtener una visión general de todo el proceso o área.

Se recomienda aplicar esta evaluación mes con mes en cada una de las áreas de las empresas; con esto se va midiendo y documentando el avance e impacto de las herramientas aplicadas. Además, se generarán una serie de datos que permitirán analizar cada área de la empresa para poder establecer un marco de referencia estándar.

Herramientas	Niveles				Calificación
	1	2	3	4	
Mapa del proceso	No existe	Se conoce lo que es el mapa de valor del proceso	Se mapea el proceso y se elabora mapa futuro	Se implementa mapa futuro dentro de la organización	
5 S	Planta desorganizada y sucia	Limpieza buena, pero sin orden	Buena limpieza y organización. Se da entrenamiento de 5 S	Se mantiene la limpieza y la organización, hay auditorias y entrenamiento de 5 S en todas las áreas	
Fábrica visual	No existen los indicadores visuales; los problemas no se detectan	Se cuenta con indicadores por área, como indicadores de nivel de aceite, pasillos y flujos	Hay indicadores visuales estandarizados y se aplican en todas las áreas	La instalación es la mejor que haya visto en cuanto a información y señalización en su vida.	
Análisis CR (Causa - Raíz)	Arreglo superficial de los problemas y en forma reactiva	Se utiliza en problemas grandes y repetitivos, principalmente en rechazos del cliente	Se analizan problemas relacionados con la producción	Todos los problemas se atienden, identificando y eliminando la causa raíz	
Mantenimiento productivo total	Paros por fallas de equipo, no se lleva el OEE (eficiencia global de producción)	Se inician trabajos de mantenimiento preventivo (MP)	MP es programado y hecho a tiempo. Se inicia trabajo del Mantenimiento autónomo (MA)	MP y MA funcionan correctamente, y ya se trabaja con mantenimiento predictivo	

Flujo del proceso	Trabajo por medio de lotes en piso	Producción en islas solitarias	Producción en línea, con inventarios en proceso	Manufactura celular; flujo de una sola pieza
Flujo de material y entrega de materiales	Uso de tarimas y diábolos para transportar el material	El material se entrega sin control y en cajas; no hay ruta de surtido	El material se entrega por uso diario, existen rutas de surtido	El material se entrega por sistema, surtido varias veces al día, con una ruta definida y con horarios establecidos para cumplir el <i>takt time</i>
<i>Takt time</i>	Ritmo de la producción desconocido	Conocido; no alcanzado	Trabajo hecho a <i>takt time</i>	<i>Takt time</i> evaluado cada cambio de orden
<i>Pull</i>	Producción en sistema de empujar	Sistema de jalar sólo en algunas estaciones	Sistema de jalar en la línea de producción	Producción de acuerdo con la demanda del cliente
Trabajo estándar	Indefinido	Definido, no siempre seguido	Definido; usado por los operadores	Usado y revisado semanalmente
8 desperdicios	El desperdicio es excesivo en todas las áreas de la planta	El desperdicio es poco comentado, y se limita a ser tratado en proyecto de gran escala	Existen sistemas que permiten a los trabajadores reducir los desperdicios	Su eliminación es una rutina normal, los niveles de desperdicio son bajos
<i>Kaizen</i>	La mejora continua ocurre en la alta gerencia o ingeniería; sólo para proyectos de gran escala	La alta gerencia e ingeniería están dedicadas al tipo de progreso que da la mejora continua	Existe la mejora continua o un sistema de sugerencias; el cambio es responsabilidad de un departamento	Se considera al <i>kaizen</i> parte del trabajo y se lleva a cabo por todos los compañeros de equipo
<i>SMED</i>	Más de 60 minutos	Entre 10 y 60 minutos	Menos de 10 minutos	Dentro del <i>takt time</i>
Desempeño	No hay interés del personal, no hay trabajo en equipo	Comunicación sólo en juntas; se pueden formar equipos	Equipos conocen y entienden los medibles	Los equipos son autodirigidos y responsables por su desempeño
<i>Multi-process</i>	Expectativas de trabajo muy estrechas y rígidas	La gente hace lo que se les indica	Las personas ayudan a otras células de trabajo por propia voluntad	El diseño de las líneas permite la operación de varias máquinas por la misma persona

<i>Kanban</i>	La producción es controlada con base en empujar a la misma. <i>Kanban</i> no existe	El sistema de <i>kanban</i> se trata de implementar	Los sistemas de <i>kanban</i> funcionan en piso, con pocas interrupciones o desviaciones	Se maneja <i>kanban</i> con alta disciplina; la demanda se cumple a diario con mínimos de inventarios
<i>WIP-FIFO</i>	El <i>WIP</i> no es identificado	El <i>WIP</i> es identificado, pero no controlado	El <i>WIP</i> y la materia prima se identifican visualmente con niveles de control. <i>FIFO</i> es instituido	<i>WIP</i> y la materia prima tienen áreas designadas y bien identificadas, cercanas al área donde se necesitan, y los niveles son controlados
<i>Line Stop</i> (paros de línea)	No se puede parar la línea. <i>Scrap</i> en exceso y el retrabajo es testigo de los problemas	Se tiene la autoridad de parar la línea, pero raramente se hace	Se para por problemas de calidad y se hace a menudo; pero después de varios defectos. El criterio está colocado en cada estación de trabajo	Se tienen paros con rápida respuesta. Se registran el número de veces y se mejorará disminuyendo el número de paros
<i>Heijunka</i>	Programación y metas de la producción mensual	Programación y metas semanales, aunque difiere por día	Se programa y se establecen metas diariamente	La producción es perfectamente nivelada a la demanda y basada en el <i>takt time</i>
Desarrollo de proveedores	No se tienen indicadores para medir su desempeño	Se miden el nivel de calidad, las entregas a tiempo, etcétera	Se trabaja con ellos y se les ayuda a disminuir los desperdicios	Los proveedores surten a la compañía con excelente calidad, al menos 2 veces al día
<i>Lean Material Handling</i>	Se reciben las partes sin conocer consumos, requerimientos de calidad, etcétera	Se conoce el consumo semanal, localización, lugar y uso en piso	Para cada parte existe un plan con gran precisión	Sistema de señalamiento que indica la parte, cómo y cuándo comprar, y los máximos y mínimos
Medibles	No existen indicadores visuales en ninguna de las áreas de las compañías	Existen indicadores visuales en algunas de las áreas, pero no están actualizados	Existen indicadores visuales estandarizados por área y están actualizados	Existen indicadores visuales estandarizados por área, actualizados y los operadores son responsables de esta información

<i>Poka yoke</i>	No se tiene conocimiento de esta disciplina	Algunos dispositivos se implementaron por ingeniería	El personal está involucrado, y los <i>poka yokes</i> se implementan y documentan	<i>Poka yoke</i> es una rutina de mejora continua en los equipos; los problemas de calidad no ocurren
------------------	---	--	---	---

TABLA 9.1. Evaluación rápida para *Lean Manufacturing*.