

142
223



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**LA OPTIMIZACION DE LAS EMPRESAS MEDIANTE
LA ELIMINACION DE LAS ACTIVIDADES QUE NO
AGREGAN VALOR**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A ;
FRANCISCO JAVIER RODRIGUEZ RODRIGUEZ

M.J. ARMANDO ORTIZ PRADO



MEXICO, D. F.

**TESIS CON
FOLIO DE ORIGEN**

1994



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

El presente trabajo se los dedico a:

Mis padres por haber sembrado en mí el deseo de superación y por darme un hogar estable que ha sido el mejor regalo que he recibido.

Mis hermanos por brindarme su apoyo en todo momento y motivarme a completar lo iniciado.

Al M.I. Armando Ortiz Prado por orientarme en la elaboración de este trabajo.

A Rocio Ruiz por su ayuda y apoyo.

-IDEAS PRINCIPALES

- Es posible conseguir mejoras, a bajos costos, en las empresas mexicanas para competir con las de cualquier parte del mundo.
- No se requieren grandes inversiones ni altos niveles tecnológicos para conseguir las mejoras mencionadas.
- La idea principal tras de las mejoras a las que nos referimos es la eliminación de todas las actividades que no agregan valor al producto.
- Las ideas tradicionales de cómo se han conseguido las mejoras, sobre valoran aspectos como la automatización, sin embargo no entienden que en Japón más que automatización se utiliza la autonomatización, o el Justo a Tiempo sin entender realmente en qué consiste (el mismo), incluso hay quien considera que las empresas japonesas han conseguido ser de las empresas más exitosas de las últimas dos décadas, gracias a que sus trabajadores son una clase aparte y que sólo con personas como ellos se pueden conseguir resultados similares en otras partes del mundo.
- El primer paso para conseguir las mejoras es comprender que la producción está formada por procesos y operaciones y éstas a su vez están formadas en diversos fenómenos de los cuales sólo el trabajo agrega valor al producto, y se deben hacer esfuerzos para reducir o eliminar los otros fenómenos que no agregan valor al producto.
- Las responsables de conseguir las mejoras son las personas, por lo que es necesario cambiar la visión respecto de la fuerza de trabajo, de la concepción actual donde se consideran como un costo variable que se puede eliminar en épocas de pocas ventas, a una concepción de costo fijo, ya que mientras los trabajadores no sientan seguros sus trabajos, estos no ayudarán a conseguir las mejoras.

- Se debe cambiar la concepción normal de conseguir mejoras con grandes inversiones y a base de grandes saltos tecnológicos a conseguir mejoras incrementales o kalzen.
- Los procesos son antes que las operaciones ya que no importando con qué eficiencia se consigan las operaciones de producción, si éstas no están en función de los procesos que son los que están más relacionados con el servicio a los clientes no se tendrá éxito en la producción.
- En el pasado no se han conseguido las mejoras necesarias, debido a que no ha habido un correcto entendimiento de las diferencias entre procesos y operaciones y no se ha buscado la eliminación de los procesos y las operaciones que no agregan valor al producto.
- El concepto del tamaño económico de lote ha dejado de tener validez, gracias a las mejoras en los tiempos necesarios para realizar los cambios de útiles y la preparación de las máquinas, conseguidas con el SMED.
- La necesidad de los inventarios se ha minimizado y se han conseguido importantes reducciones de costo gracias al TPM (Mantenimiento Total de la Productividad) que ha conseguido la eliminación de las fallas de las máquinas, y al TQC(Control Total de la Calidad) con el cual se han conseguido meses sin problemas de calidad.

1.0 Introducción	2
2.0 Entendiendo la Producción	9
2.1. Actividades de la Producción.....	9
2.2. Elementos de un Proceso.....	12
2.3. Contenido de una Operación.....	13
2.4. Principales Errores en las Empresas, que Provocan Incrementos en Costos, Mala Calidad y Mal Servicio a Clientes.....	15
2.5. Cuatro Ejemplos de lo que se Puede Conseguir con la Aplicación de las Técnicas Utilizadas por la Producción Esbelta.....	30
3.0 Mejora de los Procesos	42
3.1. Mejora de la Inspección.....	42
3.2. Mejora del Transporte.....	65
3.3. Mejora de los Retrasos.....	67
3.4. Mejora del Trabajo	85
4.0 Mejora de las Operaciones	87
4.1. Mejora de las Operaciones que Ocurren una Vez por Lote.....	88
4.2. Mejora de las Operaciones que Ocurren Irregularmente.....	112
5.0 Aspectos Complementarios para la Mejora de la Producción	122
5.1. Mejora de la Fuerza de Trabajo.....	122
5.2. Mejora de la Proveeduría.....	125
5.3. Mejora del Diseño.....	131
Conclusiones	137
Apendice I	140
I1. Katzen.....	140
Bibliografía	

Capítulo 1

1. Introducción

Durante las épocas en que se eleva el crecimiento económico, hay un desequilibrio entre oferta y demanda. La demanda es mayor y las empresas venden sus productos aún cuando sean de mala calidad, muy caros o con retraso en su distribución, perjudicando al destinatario.

En nuestro actual panorama Internacional muchos países tienen una economía de lento crecimiento e incluso hay algunos en que se contrae o decrece, produciendo más oferta y menos demanda. El consumidor, en consecuencia, tiene más variedad de opciones para comprar y, como resultado, las empresas se ven obligadas a mejorar calidad, tiempos de entrega y precios, para alcanzar niveles competitivos en el mercado. Las empresas que logran esto se desarrollan, aún dentro de economías con poco crecimiento. Quienes no lo consiguen, mueren.

Un ejemplo de industria —a nivel mundial— que ha mejorado servicios, costos y calidad es la japonesa. Pasó de una economía destruida, al terminar la Segunda Guerra Mundial, al reconocimiento de sus productos, en la década sesenta y principios de los años setenta, primero como de baja calidad y bajos precios, a productos de la más alta calidad y bajo costo, en la actualidad. Aprender este ejemplo y seguirlo en las empresas mexicanas cobra vital importancia en el contexto de nuestro país, porque el Tratado de Libre Comercio necesariamente enfrentará a las empresas mexicanas con las canadienses, americanas, japonesas, alemanas, etc., que ofrecen productos de excelente calidad, a bajos costos y con altos niveles de servicio al cliente. La tabla 1.1 muestra una comparación de parámetros de desempeño de fábricas donde podemos observar algunos de los logros japoneses conseguidos con la aplicación de las técnicas que se estudiarán en este trabajo.

Aspecto	Japonesa en Japón	Japonesa en E.U.	Americana en E.U.	Europa
Productividad(hrs/veh)	16.8	21.2	25.1	36.2
Calidad(Defectos de ensamble por vehículo)	60	65	82.3	97
Disposición en Planta:				
Espacio(pies ² /veh/año)	5.7	9.1	7.8	7.8
% del área de ensamble)	4.1	4.9	12.9	14.4
Inventarios(Días para una muestra de 8 partes)	0.2	1.6	2.9	2
% de la Fuerza de Trabajo organizada en equipos	69.3	71.3	17.3	0.6
Rotación de Puestos	61.6	1.4	0.4	0.4
Sugerencias por empleado				
Número de clases de puestos	11.9	8.7	67.1	14.8
Entrenamiento a nuevos trabajadores de producción (en horas)	380.3	370	46.4	173.3
Ausentismo	5	4.8	11.7	12.1

tabla 1.1 *Sumario de Características de Plantas de Ensamblados de 1989 (Promedio por Plantas en cada Región)

En la tabla anterior se observan algunas ventajas conseguidas por los japoneses tanto en su país como en otras partes del mundo. En esta comparación se presenta lo que sucede en la industria del automóvil. En otras áreas pueden ser mayores las diferencias.

La industria mexicana —de cualquier tamaño— enfrenta el reto de mejorar o morir. Esta tesis plantea que para conseguir mejoras podemos aprender y aprovechar la experiencia japonesa y hacer que las empresas mexicanas estén a la altura de las extranjeras. Sobre todo, pretende demostrar que no son necesarias grandes inversiones de capital, ni trabajadores extraordinarios, sino que basta aplicar los mismos conceptos para mejorar y alcanzar adelantos sustanciales en todos los campos de la empresa y en todas partes del mundo.

El nuevo concepto de dirección japonesa afecta a todas las áreas de la empresa, desde finanzas, mercadotecnia hasta producción, básicamente.

En ésta se pueden mencionar como aspectos principales de cambio los siguientes: pasar la producción de grandes a pequeños lotes; pasar de los inspectores de calidad a chequeos sucesivos, autochequeos e inspecciones en la fuente; de los layout por tipo de máquina a los layout por proceso o células de producción; pasar de trabajadores con poca autoridad a trabajadores con la autoridad suficiente para detener la línea; de cambios de útiles en días u horas a cambios de útiles en minutos o incluso en segundos; de evitar la venta y envío de productos defectuosos a clientes a evitar la fabricación de productos defectuosos, etc. Los conceptos anteriores surgieron de la idea de eliminar totalmente costos improductivos.

Comúnmente se piensa que detrás de las mejoras japonesas hay grandes inversiones en automatización, con robots o máquinas de control numérico de alta tecnología, o que son gracias a que sus trabajadores son seres extraordinarios, o que consisten en el justo a tiempo. Desde luego estos aspectos han contribuido, pero se han sobrevalorado y muchos otros no se evalúan en su justa dimensión; incluso la idea de los robots es menos cierta que verdadera, como podemos observar en la figura 1.1.

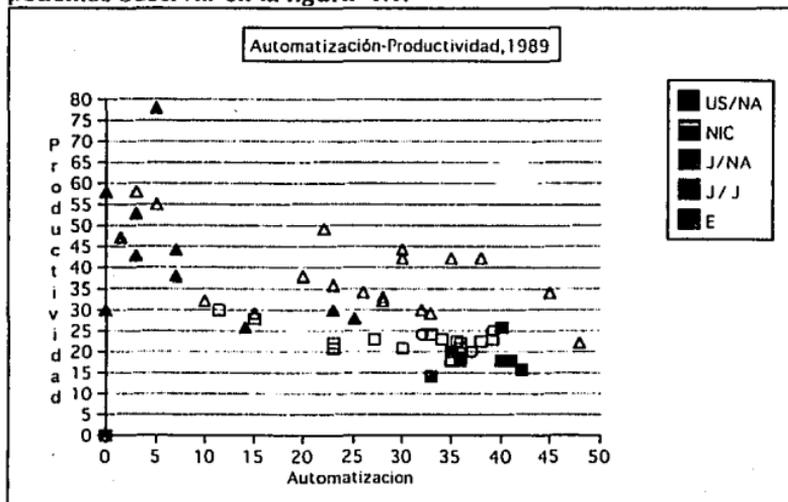


Figura 1.1 Nivel de automatización y de productividad

Lo más relevante acerca de la figura anterior es que a cualquier nivel de automatización, la diferencia entre las plantas más y menos eficientes es enorme. Como podemos observar la más eficiente del mundo tiene un nivel de automatización del 33%. Esta requiere de 14 hrs/veh. para su ensamble, mientras que la peor, con un nivel similar de automatización, necesita de 43 hrs/veh., (poco más del 300% extra), y la planta más automatizada, con el 48% necesita de un esfuerzo extra del 60% , que la más eficiente. Por otro lado una planta en los países no industrializados, —entre ellos Mexico, incluso podría ser mexicana—, requiere de 30 hrs/veh, el doble de esfuerzo de la más eficiente del mundo, pero no está automatizada y necesita menos esfuerzo que la mitad de las plantas del estudio con mayores o iguales grados de automatización. De lo anterior podemos concluir que aún cuando la automatización contribuye para alcanzar mayores niveles de productividad, hay otros factores que son muy importantes y que significan menor costo e incluso están al alcance de cualquier empresa.

Mientras la idea tradicional considera que los japoneses logran sus mejoras por automatización y grandes cambios, la verdad es que sus estrategias están más cercana a lo que llaman el kaizen o mejora continua. Esto no significa que la automatización no sea un factor importante sino que no es el único. En contraste, en Occidente es más importante la mejora basada en la innovación con grandes inversiones y cambios tecnológicos. Los japoneses más que la automatización trabajan arduamente en lo que llaman autonomatización. Mientras que la primera pretende conseguir que las máquinas trabajen, detecten errores, y los corrijan, la segunda deja a las máquinas trabajo y detección de errores, pero la corrección es función humana. Una de las ventajas de la autonomatización es que su inversión corresponde a una décima parte de la necesaria para automatizarse.

Otro aspecto al que regularmente la literatura y la gente dan mucha importancia en los logros japoneses es el justo a tiempo, o sea producir y entregar productos, materiales, herramientas, etc. justo en el momento en que se necesitan. Sin embargo lo tratan de

manera superficial y más aún, lo centran únicamente en los proveedores.

Este sistema no se consigue sólo con que los proveedores entreguen productos en el momento necesario, también deben producirlos en el instante requerido, por lo cual es indispensable recortar lo más posible el tamaño del lote, y para ello los tiempos de cambios de útiles deben reducirse drásticamente. Los japoneses utilizan la técnica del SMED para acortar tiempos de preparación a menos de 10 minutos y así logran reducir los tamaños de lote. Lo anterior demuestra que hay conceptos o técnicas que pueden ser aprendidos y sobre todo empleados por los trabajadores mexicanos para ser más competitivos, y que debemos conocerlos.

Para conseguir las mejoras necesarias en las empresas mexicanas, primeramente hay que entender el fenómeno de la producción y los principales errores en que han incurrido los empresarios por esta falta. La producción es una red de procesos y operaciones donde los primeros son el flujo en que las materias primas se transforman en productos terminados de acuerdo con métodos, espacio y tiempo; las operaciones son el flujo en que los trabajadores utilizan métodos, espacio y tiempo para crear productos. Sin embargo, para analizar la producción, normalmente se les define como grandes y pequeñas unidades, lo cual crea confusión e induce a pensar que si se logran mejoras en las operaciones mejorarán los procesos. Esto no es cierto.

Comprendidos los procesos y las operaciones, así como los principales errores en que se incurre cuando no se entienden claramente, el paso siguiente es conseguir mejoras en ambos. Aquí se demostrará que no son necesarias grandes inversiones de capital o nuevas tecnologías para colocar a las empresas mexicanas en un nivel de alta competitividad frente a las americanas, canadienses, japonesas o de cualquier nacionalidad.

Los procesos están compuestos de: procesado (trabajo sobre el material), transporte, inspección y retrasos. Como resultado de un análisis profundo se puede tener una idea clara de cómo afecta cada

uno en la consecución de la generación de valor agregado de un producto. De acuerdo con lo anterior se pueden optimizar los que producen valor agregado, (procesado) y eliminar o minimizar los que agregan costos (transporte, inspección y retrasos).

Igualmente, las operaciones están formadas por las operaciones de preparación y de ajuste, operaciones principales y márgenes. Analizadas cada una, se buscará reducir o eliminar las que no producen valor agregado, es decir eliminar los costos improductivos.

Los tres primeros capítulos de esta tesis aclaran cómo conseguir las mejoras y la manera de utilizar las herramientas necesarias para alcanzarlas; el cuarto capítulo analiza aspectos sobre fuerza de trabajo, proveeduría y diseño, importantes para completar el panorama de la mejora de la empresa, una vez conseguida la aplicación de las técnicas mencionadas. En las conclusiones se muestran los beneficios ofrecidos por estas técnicas y en el apéndice se presenta el procedimiento para iniciar un programa de mejoras.

La figura 1.2 es una síntesis de los temas principales de esta tesis donde se remarcan en letras *itálicas* y subrayado los aspectos de mejora en los que se centra este trabajo, es decir los aspectos que no agregan valor al producto y que por lo tanto son un desperdicio.

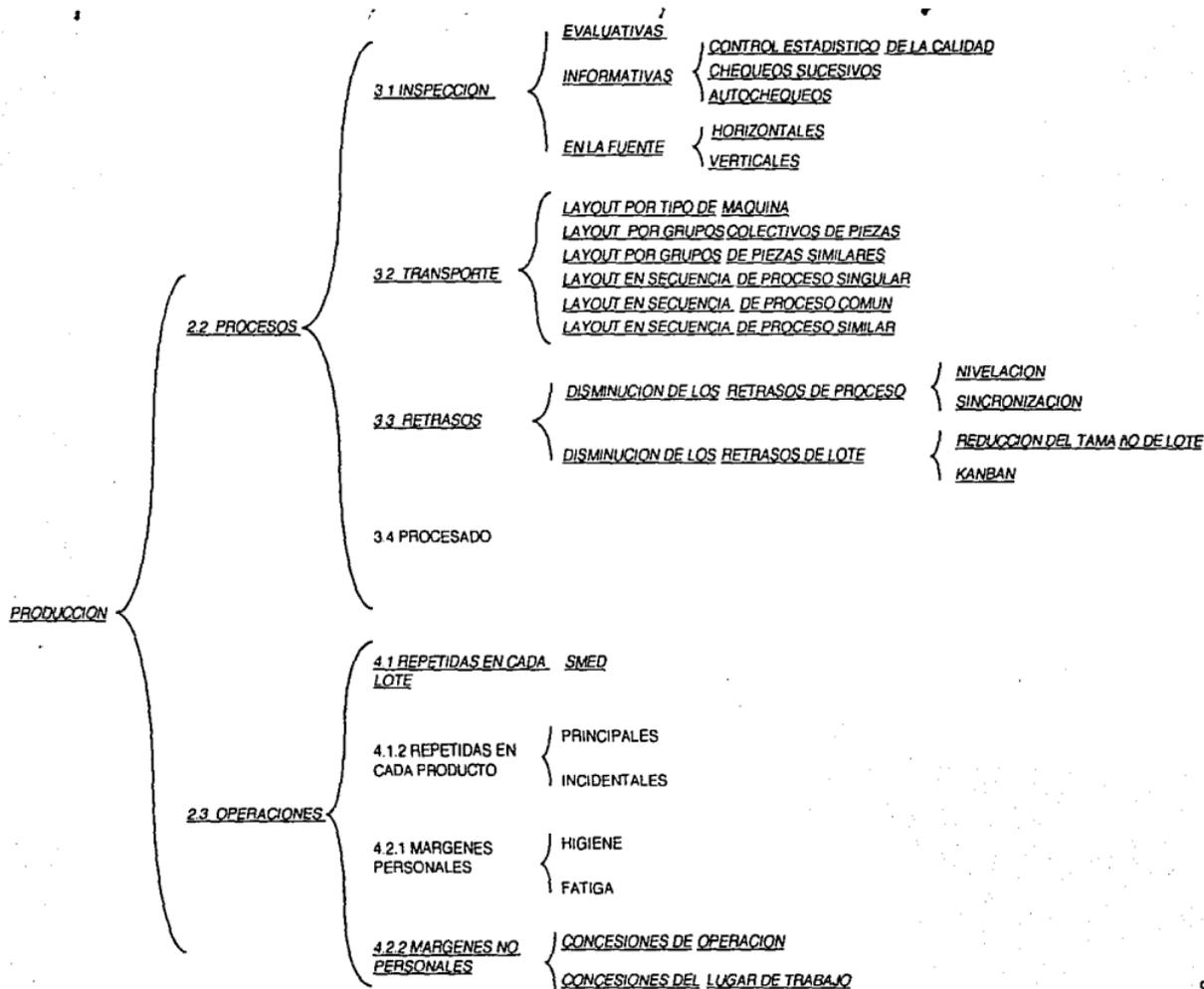


Figura 1.2 Temas principales de mejora

Capítulo 2

2. Entendiendo a la producción

El primer paso es saber, entender y conocer lo que tratamos de mejorar. Por esto, en la primer sección de este capítulo se analizará la constitución de las funciones de la producción. En las partes segunda y tercera cómo se constituyen los procesos y las operaciones, principales funciones de la producción. En la cuarta, se mencionará los principales errores en los que se ha incurrido por falta de una buena comprensión de las actividades de la producción. Por último se analizará cuatro ejemplos donde se han aplicado las técnicas de mejora presentadas en este trabajo.

2.1. Las actividades de la producción

Las funciones de la producción comprenden dos tipos de fenómenos: los procesos y las operaciones:

Los procesos se definen como el flujo por el cual los objetos de la producción (productos) cambian, de acuerdo con métodos, espacio y tiempo, desde materia prima hasta convertirse en un producto terminado.

Las operaciones, por su parte, son el flujo en que los agentes de la producción (trabajadores) utilizan métodos, espacio y tiempo para crear productos.

Si ambos se colocan en un plano coordenado, (figura 2.1) tenemos a los procesos en el eje "y" moviéndose en dirección vertical desde las

materias primas hasta los productos terminados y en el eje "x" a las operaciones moviéndose horizontalmente.

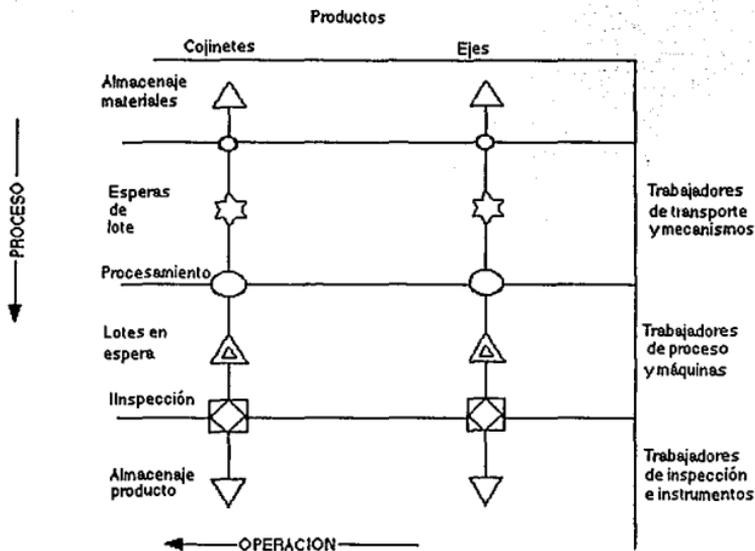


Figura 2.1 La producción es una red de procesos y operaciones

Los elementos que se procesan en una máquina en específico se intersectan en un proceso y en una operación, el cambio del objeto, a medida que avanza el procedimiento de mecanizado es un proceso, mientras que el cambio en la máquina y en el mecanizado que realiza el operador es una operación. Después el flujo vertical (del objeto) se separa del horizontal (sujeto) de la siguiente forma:

1. El material (objeto) fluye a la máquina siguiente (sujeto).
2. La máquina (sujeto) recibe el siguiente elemento (objeto).

La diferencia entre una operación y un proceso no es el tamaño de la unidad de análisis, sino quien lo ejerce y que (quien?) lo recibe.

En resumen, las funciones de producción están compuestas por los procesos complementarios del eje "y" que proveen productos con las

funciones requeridas, y las operaciones del eje "x", que comprenden acciones para conseguir los resultados deseados.

2.1.1. El conflicto entre procesos y operaciones.

Los procesos y las operaciones ocasionalmente están en conflicto. Por ejemplo, cuando órdenes urgentes detienen las máquinas para esperar por artículos que vienen por la línea, las tasas de trabajo de las máquinas se sacrifican para complementar las demandas de proceso y se da a los procesos prioridad sobre las operaciones, o a la inversa se da prioridad a las operaciones.

Podemos, por tanto, pensar que los procesos son acciones que sirven a los clientes y las operaciones acciones realizadas buscando la eficiencia de la planta. Los supervisores de línea colocados en una posición en la que se interceptan los procesos y las operaciones deben estar buscando constantemente la armonía entre ambos.

2.1.2. Las operaciones como suplementarias de los procesos.

Dado que los procesos son funciones que sirven a los clientes, son los que implican los principales objetivos de la producción; las operaciones juegan un papel suplementario.

Se sigue que, cualquiera que sea la efectividad de la planta con la que se realicen las funciones operacionales, la producción en su conjunto no puede tener mucho éxito si las funciones del proceso son inadecuadas.

Sin embargo, en las actividades reales de producción, lo que vemos en cualquier momento, son funciones de las operaciones, y las funciones del proceso dejan en nosotros solamente una leve impresión visible, porque están ocultas por las operaciones y tenemos que hacer esfuerzos especiales para percibir las.

2.2. Elementos de un proceso

Como ya se vio, un proceso se define como el flujo mediante el cual los objetos de la producción cambian de acuerdo con los métodos, espacio y tiempo desde materias primas hasta convertirse en productos terminados. Un proceso comprende cuatro fenómenos distintos: procesado (trabajo sobre el material) transporte, inspección y retraso. A continuación se explica cada uno:

Procesado. Son alteraciones de forma o sustancia, montaje o desmontaje. El procesado es la única actividad que agrega valor.

Transporte. Se refiere a los cambios espaciales o de ubicación. No agrega valor por lo que hay que eliminarla en la medida de lo posible.

Inspección. Esta actividad se refiere a la comparación con un estándar; tiene la finalidad de asegurar la calidad de mercancía procesada, es una acción que no agrega valor y por lo tanto debe eliminarse o cambiar su propósito a la prevención de los defectos en vez de detectarlos.

Retraso. Tiempo durante el que no ocurren cambios en los objetos de la producción. Los retrasos juegan un papel amortiguador contra las inseguridades de la producción, incrementan costo y el tiempo de producción, por lo que hay que eliminarlos.

Los retrasos pueden dividirse en dos categorías:

1. Retrasos de proceso: cuando en operaciones de lotes, los artículos no se mueven al siguiente proceso hasta que se complete el proceso actual en todo el lote.

2. Retrasos de lote: retrasos con el propósito de manejar los lotes como conjuntos. En una operación que implique, por ejemplo 1,000 unidades, 999 están en espera mientras se procesa la primera unidad del lote.

El transporte y el procesado son los fenómenos que ocupan el mayor número de horas hombre. Es importante tenerlo en cuenta cuando se busca reducir costos y tiempos de producción.

2.3. Contenido de una operación

Las operaciones pueden clasificarse en un primer nivel en dos tipos: útiles y no útiles. Las útiles se dividen a su vez en operaciones que ocurren regularmente y las que ocurren irregularmente. En la rama de las primeras, tenemos las presentadas una vez por lote, como son las de preparación y ajuste y las repetidas en cada producto principales e incidentales. En las que ocurren irregularmente están los márgenes personales divididos en fatiga e higiene, y los no personales clasificados en márgenes de operación y de lugar de trabajo. En la figura 2.2 aparecen esquematizadas las operaciones.

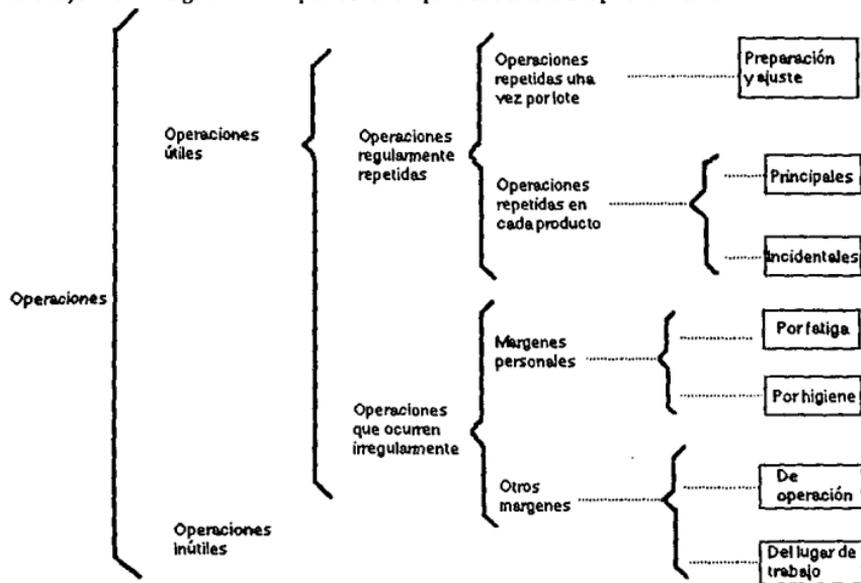


Figura 2.2 Tipos de operaciones

A continuación se presentan algunas de las actividades realizadas según la operación y, posteriormente, en la figura 2.3 se muestran las formas de representación de las operaciones.

2.3.1. Operaciones repetidas regularmente:

2.3.1.1. Operaciones repetidas una vez por lote:

Preparación, operaciones de ajuste: cambios de útiles o preparación de máquinas

2.3.1.2. Operaciones repetidas en cada producto:

Operaciones principales: Es la instalación para corte, retirada de piezas (procesado), callbrado (inspección), carga en vehículo (transporte), carga en estantes (retraso).

Operaciones incidentales: montaje o retirada de piezas de máquina, apretar botones de mando.

2.3.2. Operaciones que ocurren irregularmente:

2.3.2.1 Márgenes por necesidades humanas:

Fatiga. Pausas periódicas concedidas por el cansancio de los operadores.

Higiene. Son las concesiones de tiempo para ir al baño, tomar agua, lavarse, etc.

2.3.2.2. Márgenes no personales.

Concesiones de operación. Aplicar aceite, barrer desperdicios, etc.

Concesiones de lugar de trabajo. Espera de materiales o pausas por descompostura de equipo.

Unicamente las operaciones principales se denominan operaciones netas. Todas las demás deben eliminarse. Este es el primer paso para la mejora. El segundo es buscar mejores formas de realizar las operaciones principales, incidentales, preparación, ajuste, y diversas concesiones. En la figura 2.3 aparece la representación de los procesos y operaciones.

Procesos		Trabajo	Inspección	Transporte	Esperas
Operaciones					
Operaciones de preparación y ajuste					
Operaciones principales					
Operaciones incidentales					
Margenes permitidos	Margenes por fatiga				
	Margenes por higiene				
	Margenes por operaciones				
	Margenes de lugar de trabajo				

Figura 2.3 Representación de procesos y operaciones

2.4. Principales errores en las empresas que provocan incrementos en costos, mala calidad y mal servicio a clientes.

En el mundo se tienen ideas respecto a la producción que provocan ineficiencias, incrementos de costos, mala calidad y mal servicio al cliente. Es necesario mencionarlas para evitarlas. A fin de analizar más fácilmente estos errores los dividimos en dos tipos: los

provocados por la confusión entre procesos y operaciones y los ocasionados por otros factores.

2.4.1. Errores provocados por la confusión entre procesos y operaciones.

La causa principal de los errores es la confusión entre procesos y operaciones:

Es común entender que:

- Los procesos son grandes unidades empleadas para analizar la producción.
- Las operaciones son unidades pequeñas utilizadas con el mismo fin.

Considerar que ambos son fenómenos que se solapan y ordenan en un eje único, tiene como consecuencia concluir erróneamente que la producción en su totalidad, mejora cuando se perfeccionan las operaciones.

Con este malentendido tradicional, la gente normalmente reclama mejoras operacionales para mejorar la productividad de las operaciones. Nadie, sin embargo, sugiere mejoras de proceso para aumentar la productividad de los procesos ya que no se entiende claramente la diferencia entre ambas.

Ejemplo:

En las fábricas normalmente se instalan las máquinas por tipo, es decir todos los tornos juntos, las fresadoras, etc. Cuando se cuestiona a los ingenieros si esto no es un problema, puesto que incrementa el transporte, contestan que no, y explican que pueden utilizarse transportadores de cadena. Lo anterior demuestra la confusión entre procesos y operaciones ya que, cuando se refieren a la utilización de transportadores de cadena, confunden la mejora de la operación de transporte con la mejora del proceso de transporte.

Los principales errores provocados por la confusión entre procesos y operaciones son:

2.4.1.1. No distinguir entre los retrasos de proceso y los de lote.

Normalmente no se reconoce la diferencia entre los retrasos de procesos y los de lote, con lo cual no se puede llegar a sus causas reales y a su reducción o eliminación.

Como vimos en secciones precedentes hay dos tipos de retrasos: los de procesos y los de lote. Las causas pueden ser:

- Falta de sincronización. (Retraso de proceso)
- Cálculo defectuoso de tiempo. (Retraso de proceso)
- Variaciones en el tamaño de lotes contiguos. (Retraso de proceso)
- Procesos convergentes. (Retraso de proceso)
- La utilización de lotes de producción. (Retraso de lote)

No todas las demoras ocurren en el proceso de producción: por ejemplo, retrasos de materias primas y de piezas acabadas. Estas se pueden considerar como retrasos de proceso o lote que afectan la relación entre el suministrador de la materia prima y la planta de producción o entre ésta y el mercado. Por ello se pueden desarrollar medidas de mejoras similares.

2.4.1.2. Las empresas no alcanzan a la tecnología de producción, sólo alcanzan la de fabricación.

Las tecnologías de fabricación como se ven en la figura 2.4 comprenden las operaciones, mientras que las de producción también abarcan los procesos. En la mayoría de las empresas, el

Interés se centra exclusivamente en la tecnología de fabricación y poco se sabe sobre la de producción.

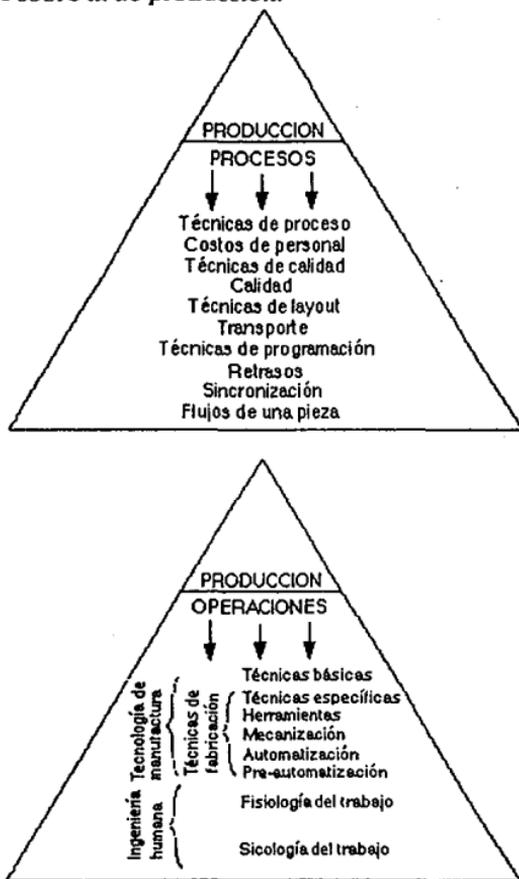


Figura 2.4 La estructura de la producción

La evolución de la tecnología de fabricación es la siguiente:

Cuando nos preguntamos ¿cómo hacer las cosas? estamos en la tecnología de fabricación y ésta comprende:

• **Técnicas básicas.** Cuando hablamos de tecnologías básicas nos referimos a:

- **Mecanización** - análisis de todas las variables, medidas, velocidades, herramientas, etc.

- **Forja.** Presiones, velocidades, etc.

- **Fundición.** Temperatura, velocidades, etc.

- **Soldadura.** Corrientes, voltajes, propiedades de materiales, etc.

- **Conformado de plásticos y fundición en molde.**

- **Técnicas de fabricación.** Al referirnos a éstas tenemos:

- **Mecanización.** Trasladan las operaciones principales e incidentales desde las personas a las máquinas. Ejemplo: alimentación de herramientas, sujeción y descarga de productos.

- **Pre-automatización (autonomatización):** Mejora las operaciones principales, lo que tienen que hacer los trabajadores es (ya no supervisar, lo hace la misma máquina) responder a los problemas detectados automáticamente. El siguiente paso lo representa la verdadera automatización la cual es muy costosa. Comparativamente la pre-automatización representa el 90% de los beneficios de la automatización al 10% del costo.

- **Movimientos y operaciones con máquinas múltiples .**

- **Ingeniería humana.** La ingeniería humana comprende fisiología y psicología del trabajo.

La fisiología del trabajo incluye la aplicación de las teorías de Taylor sobre trabajo y fatiga y los principios de economía de movimientos de Gilbreth. Ejemplo: mover un objeto de 100 kgs. arrastrándolo con coeficiente de fricción $\mu = 0.1$ el esfuerzo sería de 10 Kgs. si

tuviéramos rodamientos $\mu=0.01$ el esfuerzo se reduciría a 1 kgm., por lo que es necesario desarrollar estudios para mejorar la forma en que se realiza el trabajo.

Otro de los aspectos contemplados en la fisiología del trabajo, es el relativo a la seguridad y propone:

- Mejoras en pausa para descanso.
- Decrementos en tiempos de trabajo.
- Trasladar labor humana a la máquina.
- Tareas con descanso
- Psicología del trabajo

Respecto a la seguridad en vez de promover campañas psicológicas, se deben instalar mecanismos de seguridad.

Las técnicas básicas y las de fabricación forman la tecnología de fabricación o manufactura, mientras que fisiología y psicología del trabajo integran la ingeniería humana. La tecnología de fabricación junto con la ingeniería humana son el nivel al que llega la mayoría de las empresas pero no avanza a la tecnología de producción.

Cuando nos preguntamos ¿cómo hacer las cosas más rápido, más barato, en cantidades mayores?, entonces avanzamos a la fase de tecnología de la producción, que tiene una perspectiva orientada hacia el proceso e investiga las técnicas para mejorarlo. Estas son:

- Técnicas básicas para operaciones de proceso.
- Técnicas de control, mantenimiento y de mejora de la calidad.
- Técnicas de distribución en planta para mejorar el transporte.

- Sincronización y flujo único de piezas, técnicas de programación para combatir retrasos.

2.4.1.3. Considerar que los inventarios son un mal necesario y no verlos como un mal absoluto.

Tradicionalmente las empresas han visto al inventario como un mal necesario dándole más énfasis a lo necesario que al mal, por lo que no han conseguido eliminarlo de manera importante.

La idea de que el inventario es un mal necesario nace de que mitiga o resuelve algunos problemas de producción como son:

- Permite satisfacer inmediatamente una demanda imprevista.
- Sirve de amortiguador cuando hay productos defectuosos.
- Amortigua cuando hay fallas de maquinaria.
- Amortigua cuando hay faltas de personal.

El inventario es un mal absoluto por lo que es indispensable eliminarlo. Para esto se toman las medidas siguientes:

- Incrementar la rapidez de fabricación, con la mejora de la disposición en planta y con la reducción del tamaño de lote.
- Reducir tiempos de preparación, con la técnica del SMED.
- Reducir o eliminar la producción de defectos, mediante inspecciones en la fuente, autochequeos, chequeos sucesivos y mecanismos Poka-yoke.
- Reducir o eliminar la falla de maquinaria, aplicando el Mantenimiento Total Productivo.

- Multiplicar las capacidades de los trabajadores o emplear la pre-automatización .

2.4.1.4. El error de creer que se pueden vender productos sólo por ser baratos, sin considerar las necesidades de los clientes.

Por más baratos que sean los productos ofrecidos por una empresa, si no satisfacen las necesidades del mercado no tendrán compradores. Por lo anterior, se requiere tener en cuenta:

- Las necesidades latentes del consumidor y, en respuesta, desarrollar rápidamente nuevos productos.
- La oferta de versiones menos caras de productos ya existentes, que den una respuesta mejor y sean más fiables.
- La verdadera demanda surgirá solamente cuando se hagan productos que el consumidor desee realmente.
- Cuando los productos no responden a las necesidades del mercado, no se venden aunque sean muy baratos.

2.4.1.5. Problemas ocasionados por tener ciclos de producción mayores que los de entrega.

Uno de los aspectos más importantes para la satisfacción de los clientes, es el cumplimiento en el plazo o ciclo de entrega.

Ciclo de entrega (D), es el plazo concedido por el cliente para que se le entregue el producto.

Ciclo de producción (P), es el plazo necesario para fabricar el producto.

Si el ciclo de producción (P) es mayor al ciclo de entrega (D), no se podrán surtir los productos en el momento necesario para los clientes. Normalmente se utilizan los inventarios para resolver el problema y esto incrementa el costo.

La mayoría de los sistemas de producción en la industria mundial utiliza la producción especulativa: deben producir por adelantado confiando en especulaciones que les permitan calcular el nivel futuro de demanda.

Razón de ser de la producción especulativa:

- Ciclos de producción (P) mayores a los ciclos de entrega (D).
- Creencia de que los tiempos de cambios de útiles no se pueden reducir drásticamente.
- Creencia de que los niveles de producción de defectos no se pueden eliminar.

La mejor solución es un "sistema de producción semliasegurada" es decir:

Un mínimo posible de inventario amortiguador, dirigiendo todos los esfuerzos hacia la producción asegurada que permita entrega inmediata con un bajo costo por inventarios.

Toyota utiliza una idea de los supermercados para lograr un inventario mínimo, es decir mantiene en anaqueles el mínimo de inventario y lo repone conforme los clientes lo retiran. Partiendo de esta idea se creó el sistema Kanban de Toyota.

Este sistema satisface la necesidad de una entrega inmediata y el productor garantiza un ciclo de producción de "n" días logrando que el único inventario sea el expuesto en la tienda.

La variación respecto a la producción especulativa es que ahora se produce bajo pedidos firmes y se mantiene un inventario mínimo para satisfacer la entrega inmediata.

Dado que los productos retirados en el punto de venta deben ser remplazados antes de que venga otro cliente, los ciclos de producción deben ser lo más cortos posible.

Algunas consecuencias del sistema de producción semi-asegurada son: a) únicamente se produce lo que se vende, b) se satisface la entrega inmediata, c) reducción del inventario, d) los lotes lo más pequeños posible reducen al mínimo las cantidades suministradas.

2.4.1.6. Error de no diferenciar las mejoras de las operaciones de transporte de las de los procesos de transporte.

Es común escuchar en la industria mundial que para mejorar el transporte se pueden utilizar transportadores de cadena u algún otro medio de mecanización. Sin embargo lo anterior sólo mejora la operación de transporte, la única mejora real del transporte (procesos de transporte) es eliminarlo y esto se logra mejorando la distribución en planta. La mejora de los medios de transporte (operaciones de transporte) se refiere a mecanización o automatización, sin ir a la raíz del problema que es su eliminación. Sólo después de agotar las posibilidades de eliminarlo se debe pensar en la mecanización o automatización.

2.4.1.8. Error de suponer que no se pueden mejorar drásticamente los tiempos de preparación.

En la industria es normal suponer que no se pueden reducir los tiempos de preparación, por lo que es muy común utilizar el concepto del lote económico de producción. Para entender el error, a continuación explicamos este concepto.

Lote económico se basa en los siguientes puntos:

1. Los costes de trabajo bajan a medida que suben los tamaños de lote.
2. Los costes relacionados con el inventario se incrementan con los tamaños de lotes, como se aprecia en la figura 2.5; el lote económico es el tamaño de lote óptimo en que se obtiene el menor costo total por mantener inventario y costos de trabajo.

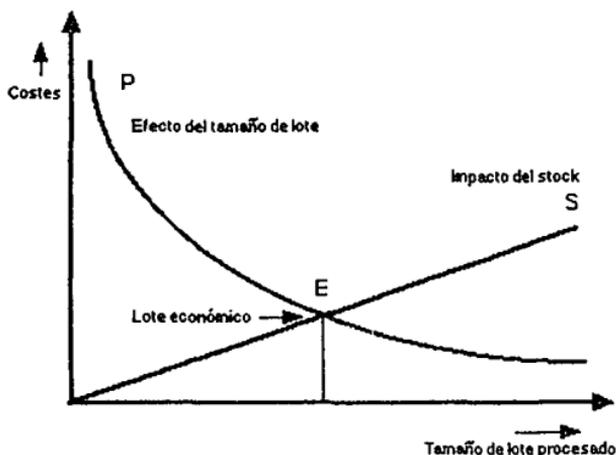


Figura 2.5 El Lote Económico de Producción.

Aunque este concepto resulta racional:

- Sólo ofrece una estrategia pasiva para la racionalización y únicamente conduce a mejoras superficiales.
- Este concepto tiene una grieta fundamental, como se muestra en la tabla 2.1, al suponer imposible el conseguir reducciones drásticas de tiempos de preparación.

Tiempo de preparación	Tamaño de lote	Tiempo de operación principal por pieza	Tiempo aparente de operación	Relación (%)
4 h	100	1 min	$1 \text{ min} + \frac{4 \times 60}{100} = 3.4 \text{ min}$	100
4 h	1000	1 min	$1 \text{ min} + \frac{4 \times 60}{1000} = 1.24 \text{ min}$	36
Si se reduce el tiempo de preparación de 4 horas a 3 minutos y con el SMED esto se puede hacer tendríamos:				
3 min	100	1 min	$1 \text{ min} + \frac{3}{100} = 1.03 \text{ min}$	100
3 min	1000	1 min	$1 \text{ min} + \frac{3}{1000} = 1.003 \text{ min}$	97

Tabla 2.1 Efecto de la Reducción del Tiempo de Preparación.

Utilizar las técnicas del SMED conduce a reducciones drásticas de tiempos de preparación, por lo que en este contexto resulta innecesario el concepto de tamaño de lote.

2.4.1.9. Confusión entre la producción en masa y la producción en grandes lotes.

Normalmente se confunde producción en grandes lotes con producción en masa, y se olvida que la demanda decide sobre ésta. El productor no puede elegir producir en masa, pero puede decidir si produce en pequeños o grandes lotes.

Si estamos decididos a no producir inventarios, entramos inevitablemente en la producción en pequeños lotes.

Ventajas de la producción en grandes lotes.

- La proporción tiempo de preparación contra tiempo de operación se minimiza.
- Las tasas de operación de las máquinas se incrementan.

Aún con lo anterior el planteamiento de grandes lotes se ve poco atractivo cuando se aplica el sistema SMED, ya que con éste se logran cambios de útiles en menos de 10 minutos.

A continuación presentamos un ejemplo donde se aprecian las consecuencias en lo que respecta a los niveles de inventario, cuando nos enfrentamos a la demanda de un mes utilizando diversos métodos de producción: grandes lotes y pequeños lotes.

Se producen tres tipos de artículos(A, B, C) y se tiene una demanda mensual para cada uno de 120000 unidades por mes si se producen en grandes lotes de 120000 artículos cada uno tenemos que los inventarios promedio por artículo son 62000 unidades. En el sistema de pequeños lotes se producen 4000 productos de cada artículo por día reduciendo los inventarios y mejorando las posibilidades de estimaciones más precisas. Cuando llegamos a este punto los inventarios diarios promedio son de 2250 por producto, lo que representa una reducción del 96.37 % respecto al sistema de grandes lotes.

Consecuencias de la reducción del tamaño del lote:

- Las fluctuaciones de demanda pueden seguirse de cerca.
- Los cambios en la mezcla se compensan con cambios en el orden de producción.

- Se minimiza o elimina el inventario.
- Se necesita del sistema de control de calidad cero, es decir inspecciones en la fuente y el sistema Poka-yoke.

2.4.2. Otros errores

2.4.2.1. Malentendiendo la naturaleza humana

Durante la década de los 60's, Douglas McGregor propone su teoría "x" y "y" respecto al comportamiento humano; en ella especifica que hay dos maneras de conceptualizarlo:

"x" es creer que a la gente le desagrada el trabajo y hará lo posible para evitarlo.

"y" es creer que es natural para la gente dedicar su mente y cuerpo al trabajo y desea ser productiva.

Malentender la naturaleza humana pensando que la gente se comporta de acuerdo con la teoría "x" provoca prácticas opresivas sobre los trabajadores, y se está en constante enfrentamiento.

En Japón se tiene una visión "y". Piensan que la gente es el recurso más importante y valioso, y se le ofrece un empleo de por vida, sueldo fijo mensual y hay sindicatos de empresas para conservarla.

2.4.2.3. Errores en la fijación de precios y la eliminación del despilfarro.

En la mayoría de las empresas los directivos utilizan la fórmula

$$\text{COSTO} + \text{BENEFICIO} = \text{PRECIO DE VENTA}$$

para determinar el precio de venta de sus productos.

Esta fórmula tiene el inconveniente de tomar el statu quo como garantizado, entendiendo que no hay necesidad de mejora alguna.

En la actualidad estamos en un entorno cada vez más competido y el consumidor quiere productos de alta calidad y bajo costo, por lo que nuestro cliente puede desaparecer en el momento en que haya un competidor y le ofrezca algo más.

El sistema de producción de Toyota promueve el siguiente principio:

$$\text{PRECIO} - \text{COSTO} = \text{BENEFICIO}$$

otro concepto es;

$$\text{PRECIO} - \text{BENEFICIO} = \text{COSTO}$$

El costo objetivo se obtiene substrayendo del precio de venta (el que está dispuesto a pagar el mercado) el nivel de beneficio necesario para asegurar la estabilidad de la empresa. La fórmula considera los siguientes puntos como vitales:

1. Una empresa no puede subsistir sin esfuerzos implacables por reducir costos.
2. La compañía, por su propia cuenta, debe reducir sus precios de venta, antes de permitir que la demanda los determine.
3. Debe haber un compromiso por hacer esfuerzos continuos para bajar costos y eliminar todo desperdicio.

El principio de sustracción de costo, es el concepto básico por excelencia en el sistema de producción de Toyota, que en consecuencia exige esfuerzos extraordinarios para eliminar todo desperdicio.

2.5. Cuatro ejemplos de lo que se puede conseguir con la aplicación de las técnicas utilizadas por la producción esbelta.

Gracias a las mejoras obtenidas con la utilización de las técnicas del Kaizen, SMED, Poka-yoke, Mantenimiento Total de la Productividad, cambios de layout, Control Total de la Calidad, Justo a Tiempo y el adecuado entendimiento de cómo se compone la producción se consiguen mejoras de calidad, reducciones de desperdicios, descomposturas, espacio, inventarios, personal, y reducciones del tiempo de ciclo, que traen como consecuencia mejores niveles de calidad, costo y servicio a los clientes. Mediante 4 ejemplos específicos se mostrarán algunos de los beneficios conseguidos con la aplicación de las técnicas mencionadas.

2.5.1. Ejemplo 1 . Planta de Motores No.9 de Toyota, que utiliza el sistema de producción esbelta comparada con plantas de Chrysler y Ford que utilizan el sistema de producción en masa

La planta Kamigo No.9 de Toyota está equipada con máquinas que tienen una antigüedad de 20 años traídas de Estados Unidos. Durante el paso de los años estas máquinas se han ido reajustando para estar en buenas condiciones, y no fallen gracias a la aplicación del mantenimiento total productivo, además se les han integrado mecanismos Poka-yoke. Todos los problemas son solucionados de raíz y de manera definitiva con la utilización de los cinco ¿por qué?, los tamaños de lote se han reducido con la aplicación del SMED. Gracias a las mejoras aplicadas hay poca necesidad de mantener inventarios y prácticamente no hay retrabajo.

Como es natural en casi todo Japón la planta labora sólo dos turnos diarios, permitiendo que se realicen trabajos de mantenimiento preventivo entre turnos y durante las horas de descanso para refrigerios.

Sin grandes lotes de producción, se reducen áreas para almacenamiento, inventarios y equipos necesarios para su manejo. La ausencia de inventarios permite acomodar las máquinas en pequeños espacios reduciéndose las distancias entre una y otra, además, gracias a las mejoras en cuanto a cargadores y checadores automáticos, un operador es capaz de hacerse cargo de varias máquinas simultáneamente.

En la Tabla 2.2, la planta Kamingo No.9 es comparada con una de motores de Chrysler y una de Ford. Si se hace un ajuste por volumen, las plantas americanas requieren más de tres veces el espacio que Kamingo, más de seis veces el número de empleados, y consumen más de seis veces trabajo por motor.

*	KAMINGO	CHRYSLER	FORD
Productos	2.4 L4-Cyl 2.0 L4-Cyl	2.2 4-Cyl Incl. Turbo	1.6 L4-Cyl H.O. Turbo EFI
Tamaño de planta (ft 2)	310000	2.2 millones	2.2 millones
# de empleados	180	2250	1360
Producción (por día)	1500	3200	1960
Trabajo (hrs/máquina)	0.96	5.6	5.55
Turnos (por día)	2	2	1 ensamble 2 maquinado
Inventarios (promedio)	4-5 hrs	2.5-5 días	9.3 días
Robots	Ninguno	5	N.I.

Tabla 2.2 Comparación Kamingo, Chrysler y Ford.

Si suponemos que los costos de mano de obra, renta, fueran iguales, el costo del motor producido por la planta Kamingo sería sustancialmente más bajo que el producido por Chrysler y Ford, dado que requieren de un 8% de la mano de obra de la planta de Chrysler y un 13.23% de la de Ford.

2.5.2. Ejemplo 2. Transición de Layout, cambio de layout por tipo de máquina a layout por proceso.

Este ejemplo es de una planta de enlatado de la industria alimentaria. El volumen de producción es de 100,000 cajas diarias, de cientos de productos diferentes, durante tres turnos por día.

Las materias primas son maíz, papas, chícharos, carnes, champiñones y muchos otros que se transforman de acuerdo con los siguientes procesos:

1. Preparación. Se tienen varias líneas de lavado y rebanado.
2. Mezclado. Se cuenta con veinte calderos para mezclado, con capacidades de 300 a 700 galones.
3. Llenado. Hay diez máquinas de llenado de latas.
4. Esterilización. Diez máquinas esterilizan y cierran las latas.
5. Etiquetado. El etiquetado se realiza en diez máquinas y se colocan en cajas.
6. Apilado. El apilado de las cajas se realiza en diez apiladoras, para su posterior traslado al almacén de productos terminados.

El tiempo de ciclo promedio, tiempo desde que las materias primas entran al primer proceso hasta que son llevadas al inventario de productos terminados, es de 12 horas, cuatro de las cuales se consumen en los procesos, con lo cual se gastan las restantes 8 horas en esperas entre procesos. Comparados con otras industrias las 8 horas consumidas en esperas entre procesos son insignificantes, siendo comunes 8 semanas de esperas.

Con un cambio de layout se pretende obtener reducciones de inventarios, y de tamaños de lotes. Los cambios realizados para conseguirlos son:

Primer cambio. Se seleccionan los principales productos dominantes y se ponen en una línea de producción. En este caso son maíz, chícharos, jitomates y frijoles. Estos cuatro productos significan el 15% de las ventas. Las ventas promedio de maíz son 10000 cajas al día y los otros tres productos principales tienen un promedio cada uno de 3000 cajas por día. Con estos cuatro productos se organizaron dos líneas de producción.

La línea 1 es dedicada, enlata maíz y trabaja dos turnos por día, con lo cual se tiene un abundante tiempo para realizar mantenimiento preventivo. Esta línea se compone de seis estaciones que son:

1. Preparación, donde el maíz es cortado y lavado.
2. Mezclado. Se realiza con dos mezcladoras de 300 galones.
3. Llenado. Se llenan las latas con una máquina.
4. Esterilizado. Se ocupó una de las esterilizadoras disponibles.
5. Etiquetado. Se utiliza una máquina etiquetadora.
6. Apilado. Se utiliza una apiladora.

La línea se acomoda de la siguiente manera, (Figura 2.6).



Figura 2.6 Diagrama de Proceso de Enlatado.

En la línea dos se enlatan chícharos, frijoles y jitomates, los tres en el transcurso del día, según el siguiente programa: 5 hrs haciendo 3000 cajas de chícharos, 2 hrs para cambio de producto, 5 hrs haciendo 3000 cajas de frijol, 2 hrs para el cambio de producto, 5 hrs haciendo 3000 cajas de tomates, 2 hrs para el cambio de producto y tres hrs para limpieza y mantenimiento preventivo. La línea 2 tiene el mismo equipo que la línea 1.

Los efectos en el inventario de productos terminados antes y después del cambio se muestra en la Tabla 2.3

*	Antes	Después
Corrida de Producción de maíz	Cada Semana	Diario
Corrida de los otros tres productos	Cada 2 Semanas	Diario
Promedio de inventario final en el sist. de distribución	25000 (1/2 Semana)	5000 (1/2 día)
Promedio de inv. final de los otros tres productos en el sist. de distribución.	50000 (1 Semana)	5000 (1/2 día)
Inv. final promedio de los cuatro productos	75000	10000

Tabla 2.3 Efectos en Los Niveles de Inventario.

Mientras que las reducciones de inventario son asombrosas, el mayor beneficio es crear centros de responsabilidad. Los operadores están organizados en equipos. Las líneas 1 y 2 tienen cada una, un gerente completamente responsable de calidad, costos, resolución de problemas y otros resultados.

2.5.3. Ejemplo 3. Comparación entre la producción en masa clásica, la producción esbelta y la producción esbelta en Estados Unidos.

Producción en masa clásica. GM Framlingham

Unas de las características de la producción en masa clásica son las islas de trabajadores indirectos, personas listas para auxiliar a otros empleados como los de mantenimiento para reparar los problemas de las máquinas, los encargados de conseguir materias primas, etc., junto a la línea de producción, ninguno de estos empleados indirectos agrega valor y las empresas pueden encontrar otras formas para realizar estas labores.

Otra característica es que junto a cada estación de trabajo hay pilas (en ocasiones por semanas) , de inventario y una gran cantidad de desperdicio de envolturas temporales que dificultan la visión de los problemas. Además las cargas de trabajo en la línea normalmente están desbalanceadas; algunos trabajadores están saturados mientras otros fuman o leen. También es común encontrar trabajadores luchando por acoplar las partes del modelo que se está ensamblando, y las que no se embonan bien son arrojadas dentro de un carro de desperdicio.

Al final de la línea normalmente se encuentra lo que quizá es la mayor evidencia de un sistema de producción en masa clásico: una enorme área de retrabajo repleta de autos defectuosos que deben repararse antes de embarcarse, tarea que requiere de mucho tiempo y que en ocasiones no es posible, porque los problemas están ocultos debajo cientos de otras partes.

Otra característica más de los sistemas de producción en masa son las grandes cantidades de inventario de productos terminados, listos para embarcarse, y enormes inventarios de partes para ensamblar, que en muchos casos se dejan durante bastante tiempo en los vagones de ferrocarril.

Además en la producción en masa es común el desánimo de los trabajadores y su falta de compromiso con la empresa; actitud comprensible en función de que han sido despedidos media docena de veces desde la crisis de 1979.

Producción esbelta: Toyota Takaoka

En la planta de Takaoka los ejércitos de trabajadores indirectos de la planta Framingham brillan por su ausencia y prácticamente cada empleado añade valor al producto. La filosofía respecto del área necesaria para la planta de ensamblado de Toyota es que se debe tener tan poco espacio como sea posible, para que la comunicación entre trabajadores sea fácil, efectiva y evitar que haya espacio para mantener inventarios.

En la producción esbelta junto a cada estación de trabajo hay menos de una hora de inventario. Las cargas de trabajo están balanceadas y todos trabajan casi al mismo ritmo. Cuando alguien encuentra una parte defectuosa la etiqueta cuidadosamente y la envía al área de control de calidad para obtener una parte de remplazo. En esta área, se analiza la parte defectuosa mediante la técnica de los cinco ¿por qué? hasta encontrar la causa raíz del problema y evitar su recurrencia. Cada trabajador tiene a mano un cordón, junto a su estación de trabajo, para detener la línea si se encuentra algún problema. En GM sólo los gerentes de mayor nivel pueden hacerlo, y únicamente por causas muy especiales, sin embargo la línea se detiene frecuentemente por problemas de equipos o entregas de material. En la planta de Takaoka casi nunca ocurre eso porque los problemas se prevén o resuelven para que no vuelvan a ocurrir.

En la planta de Takaoka prácticamente no hay área de reproceso, casi todos los autos terminados se conducen directamente al medio de transporte para su envío al comprador. No hay inventarios de partes, porque se entregan a intervalos regulares y frecuentes en la línea de ensamble desde las plantas fabricantes.

Por último la moral entre los trabajadores de Takaoka es muy diferente a los de la planta de Framingham. En los empleados de Takaoka hay un compromiso total derivado, en gran parte, del compromiso de la planta de darles empleo de por vida y una remuneración de acuerdo con sus habilidades.

La tabla 2.4 que se presenta en las líneas siguientes es una comparación entre Takaoka y Framingham. Se calculó una productividad aproximada, dividiendo el número de horas trabajadas por el número total de trabajadores, entre en número total de autos producidos. Se usó una lista de actividades estándar para las dos plantas como son: soldado de cuerpos, aplicación de tres manos de pintura, instalación de todas las partes, inspección final, y reproceso. Además se hizo un ajuste para tareas que no fueron realizadas en una planta y en otras sí.

*	GM	TOYOTA
Horas de ensamble aprox. por auto	40.7	18
Horas de ensamble ajustadas por auto	31	16
Defectos de ensamble por cada 100 autos	130	45
Espacio de ensamble (ft ² /auto/año)	8.1	4.8
Inventario de partes (Promedio)	2 semanas	2 horas

Tabla 2.4 *Comparación de plantas GM Framingham y Toyota Takaoka

Se puede observar que la planta Takaoka es casi dos veces más productiva que la de Framingham y tres veces más precisa en el desarrollo de un mismo grupo de actividades similares en un auto estándar. En términos de espacio es 40% más eficiente y sus inventarios son sólo una pequeña fracción de los de Framingham.

Otro aspecto importante es que la planta de Toyota es capaz de cambiar la producción de un vehículo a otro, en unos pocos días, mientras que Framingham puede tardar meses para hacerlo.

Una de las principales preguntas a responder en esta tesis es si las técnicas utilizadas por la producción esbelta pueden ser difundidas y utilizadas en otros países, la planta de New United Motor Manufacturing Inc. (NUMMI), es una inversión compartida entre un productor en masa clásico GM y un productor esbelto clásico Toyota. Analizar esta planta puede darnos una idea de si es posible o no que las técnicas de la producción esbelta sean aplicadas en otras partes del mundo.

NUMMI utilizó una planta construida en 1960 para ensamblar autos y camionetas pick-ups, para surtir la costa Oeste de los Estados Unidos de Norteamérica, y que por causas de mercado y costos cerró en 1982. En 1984 GM convenció a Toyota de realizar una inversión compartida para reabrir la.

En esta nueva planta (NUMMI) se ensamblan autos pequeños diseñados por Toyota de venta en el mercado Americano. Todos los gerentes de alto nivel de la planta NUMMI son gente de Toyota y rápidamente implementaron una copia exacta de su sistema de producción. Uno de los factores que se los permitió, fue la construcción de una nueva planta de estampado junto al área de soldado de estructuras, de tal forma que los paneles de estructura fueran estampados en pequeños lotes, conforme se necesitaran. En contraste la planta antigua, antes de utilizar técnicas de producción esbelta, era surtida de estructuras desde la planta de estampado en el medio Oeste por ferrocarril.

Otro cambio importante fue la cooperación del Sindicato Unido de Trabajadores Automotrices que participó con el 80% de la fuerza laboral necesaria para la nueva planta, que autorizó un contrato especial para NUMMI reconociendo sólo dos categorías de empleados: ensambladores y técnicos, en lugar del voluminoso contrato con definiciones precisas de funciones y categorías. El sindicato también accedió a que los trabajadores laboraran en pequeños equipos para conseguir mayor calidad con menos esfuerzo.

En 1986 la planta de NUMMI trabajaba con continuidad y se habían logrado los siguientes niveles de productividad, de acuerdo con la tabla 2.5:

	GM	TOYOTA	NUMMI
Horas de ensamble aprox. por auto	31	16	19
Defectos de ensamble por cada 100 autos	135	45	45
Espacio de ensamble (ft ² /auto/año)	8.1	4.8	7
Inventario de partes (Promedio)	2 semanas	2 horas	2 días

Tabla 2.5 * Comparación de plantas Framingham, Toyota, NUMMI

Como podemos observar la planta de NUMMI alcanzó el nivel de calidad de Takaoka y casi los mismos niveles de productividad. En cuanto al espacio necesario no fue tan eficiente por razones del layout de la vieja planta. Los inventarios de NUMMI fueron considerablemente más altos que los de la planta de Takaoka, debido a que las partes son transportadas 5000 millas en lugar de 5 a 10 millas desde las plantas de los proveedores a las plantas respectivas. Aún con lo anterior la planta de NUMMI fue capaz de trabajar con dos días de inventario mientras que la de Framingham necesitó de dos semanas de inventario.

2.5.4 Ejemplo 4. Implantación de un sistema de mantenimiento total de la productividad

Industrias Topy es una empresa mediana con 660 empleados y aproximadamente 800 máquinas, que fabrica llantas para autos. En 1980 decidió implantar un sistema de mantenimiento total de la productividad. La implantación se dividió en tres pasos:

1. Establecer un sistema de mantenimiento total de la productividad en el cual todos los empleados estén involucrados con éste y trabajen para eliminar las cuatro principales causas de ineficiencia (descomposturas de equipos, problemas con moldes, tiempos de reemplazo de herramientas y defectos).
2. Mejorar el mantenimiento, dando a los empleados herramientas para la resolución de problemas y actividades kaizen, buscando lograr las cero descomposturas.
3. Mejorar las habilidades de ingeniería y producción en áreas tales como herramientas y útiles, tiempo de reemplazo de herramientas, diseño de herramientas, defectos y reparaciones.

El Instituto Japonés para el Mantenimiento de Plantas, ayudó a la fábrica con la implantación del mantenimiento total productivo. Se capacitó a 70 supervisores y otros líderes en habilidades básicas de

mantenimiento en temas como lubricación, apretado de tornillos y tuercas, electricidad básica, hidráulica, neumática y manejo de mecanismos. Se dieron cursos de 4 horas por cada tema y terminada su capacitación, supervisores y líderes, a su vez dieron cursos al resto de los trabajadores.

La implantación del sistema de mantenimiento total de la productividad de industrias Topy constó de siete pasos, en los que participan los trabajadores voluntariamente en actividades de pequeños grupos en cada paso:

1. Limpieza y ordenamiento del área de trabajo.
2. Identificar las causas de los problemas, tomando contramedidas.
3. Desarrollo de estándares de limpieza y lubricación.
4. Revisar el sistema total.
5. Desarrollo de procedimientos de chequeo voluntario.
6. Asegurarse de que todo esté en orden y en su lugar.
7. Diseminar la política.

Tres años después, se habían conseguido los siguientes resultados, (Tabla 2.6).

Desempeño del trabajo	subio 32%
# de descomposturas de las máquinas	bajo 81%
El tiempo de remplazo de herramientas	bajo de 50 a 70%
La relación de operación del equipo	subio 11%
El costo de los defectos	bajo 55%
La relación de rotación de inventario	subio 50%.

Tabla 2.6 *Resultados de Implantación del Sistema de Mantenimiento Total de la Productividad.*

De los ejemplos anteriores podemos concluir que las empresas que no aprovechen las técnicas de la producción esbelta o busquen otra alternativa para conseguir mejoras en productividad, costos, calidad y servicio al cliente no podrán competir con las empresa que sí tienen estas técnicas.

Capítulo 3

3. Mejorando los procesos.

Debido a que los procesos están orientados al mercado y las operaciones a la eficiencia interna de la fábrica, aquéllos deben tener prioridad sobre éstas y solamente después de examinar exhaustivamente las oportunidades de mejoras de procesos deben comenzarse las mejoras de las operaciones.

Como vimos anteriormente los procesos se componen de cuatro fenómenos:

1. Inspección. Se refiere a la comparación con un estándar.
2. Transporte. Se refiere a los cambios espaciales.
3. Retrasos. Es el paso del tiempo sin que se realice una operación, inspección o transporte.
4. Procesado. Cambios de forma; cambios de propiedades; montaje y desmontaje.

En los apartados subsecuentes estudiaremos las formas de obtener mejoras en cada una de estas etapas.

3.1. Mejora de la inspección

3.1.1. Significado de las inspecciones

De manera general una inspección es una comparación con un estándar. Las inspecciones se caracterizan por las siguientes funciones:

- Revelan y previenen defectos en el curso de trabajo o proceso.
- Revelan y previenen defectos en el curso de transporte.
- Revelan y previenen defectos en el curso de los retrasos.

Las inspecciones suplementan trabajo, transporte y retrasos. Estrictamente hablando, puede pensarse que son secundarias respecto a la producción, jugando un rol pasivo y despilfarrador.

Por lo anterior, se necesita realizar investigaciones de alto nivel encaminadas a encontrar métodos de trabajo, transporte y retraso que reduzcan la necesidad de inspecciones.

Para esta búsqueda se presenta una serie de conceptos que permitirán comprender mejor su proceso.

3.1.2. Conceptos.

Defectos aislados y defectos en serie

Los defectos aislados son aquéllos que ocurren solamente una vez. Por ejemplo, una pieza salió defectuosa porque la de materia prima tenía una grieta.

En contraste, los defectos en serie ocurren repetidamente.

Tipos de inspección

- **Inspecciones sensoriales:** son las realizadas a través de los sentidos humanos, por lo que es difícil fijar criterios para ellas.
- **Inspecciones físicas:** implican el uso de mecanismo de medición, tales como calibradores o micrómetros.
- **Subjetivas:** son las realizadas por quienes hacen el trabajo.
- **Objetivas:** las desarrolla alguien diferente a quien hizo el trabajo.
- **Internas al proceso:** las realizadas en el mismo proceso en el que se hace el trabajo.
- **Externas al proceso:** las efectuadas en un proceso diferente.
- **Estadísticas:** son cuando el número de muestras se realiza de acuerdo con la teoría estadística.
- **No estadísticas:** las muestras no son seleccionadas de acuerdo con esa teoría.
- **Inspección cien por cien:** cada pieza es inspeccionada.

- Por muestreo: se utiliza el método de extrapolar a partir de un número apropiado de muestras.
- Inspecciones de cantidad: verifican que las cantidades necesarias son exactamente las disponibles.

Retroalimentación y acción

Se conoce como retroalimentación de la inspección, al hecho de que, cuando ocurre un defecto, la información sobre aquél vuelva hasta el proceso de trabajo. La retroalimentación es más efectiva si se realiza prontamente. El diseño de contra medidas, se conoce como acción. Algunos tipos de inspección permiten una retroalimentación más rápida, por ejemplo, las internas al proceso, por eso hay que utilizarlas cuando se buscan mejoras.

Medida y juicio

La medida se refiere a la determinación de valores numéricos a través del uso de accesorios de medida, (calibradores), después que se ha completado el trabajo. Entonces se acepta o rechaza el producto de acuerdo con estas mediciones.

Sin embargo, como las inspecciones buscan distinguir entre artículos aceptables o inaceptables, no siempre es necesario hacer mediciones numéricas. Cuando se basan en juicios más que en mediciones, (inspecciones automáticas), pueden usarse accesorios extremadamente simples y baratos.

3.1.3. Métodos de inspección según su capacidad para descubrir defectos.

El mejor modo para eliminar la inspección es usar un método de mecanizado perfecto. Sin embargo, asumiendo que se necesita,

según el nivel de efectividad para conseguir la reducción o eliminación de defectos, hay tres clases de inspección:

- Inspecciones que descubren defectos: Inspecciones evaluativas.
- Inspecciones que reducen defectos: Inspecciones informativas.
- Inspecciones que eliminan defectos: Inspecciones en la fuente.

3.1.3.1. Inspecciones evaluativas

Este tipo sólo descubre los defectos. Una práctica muy generalizada en las empresas, como consecuencia de la división del trabajo, es hacer inspecciones de los artículos al final del proceso, con lo que sólo se logra descubrir los defectos sin detectarlos durante el proceso.

Aún hoy en día, muchas fábricas realizan inspecciones evaluativas, cuyo único propósito es categorizar los productos acabados como defectuosos o aceptables. Este tipo de inspección no ofrece reducción alguna en la tasa de producción de defectos, ya que no realiza ninguna retroalimentación o acción que los evite.

3.1.3.2. Inspecciones informativas

Son aquellas en que, cuando ocurre un defecto, la información sobre el mismo se retroalimenta al proceso de trabajo implicado que entonces adopta una acción para corregir el método de operación. Se puede esperar, consecuentemente, que este sistema reduzca gradualmente las tasas de defectos. Las inspecciones informativas pueden dividirse en tres categorías:

- Sistemas de control de calidad estadísticos (SQC)
- Sistemas de verificación sucesiva (SUC)
- Sistema de auto-chequeo (SEC)

Sistemas de control de calidad estadísticos (SQC).

La planificación de experimentos, determinación de diferencias significativas, gráficos factoriales, histogramas y gráficos de control para inspecciones informativas son algunas herramientas incluidas en el sistema de control de calidad estadístico. Gracias a la estadística se pasó de muestreos basados en la intuición a un fundamento científico, estadístico.

Las características de los denominados sistemas SQC incluyen, ante todo, la noción de las inspecciones informativas, con gráficos de control basados en la estadística, para reducir los defectos futuros, retroalimentando la información sobre ellos a los procesos afectados; los métodos de trabajo se corrigen en consecuencia. Es también característico de los sistemas SQC el uso de la estadística para fijar límites de control que distinguen entre las situaciones normales y las anormales, como se puede apreciar en la figura 3.1.

1.- Límites de especificación: límites de tolerancia exigidos por las funciones del producto.

2.- Límites de control: límites dentro de los cuales permanecen las operaciones normales; p.e. los diámetros exteriores de todos los vástagos procesados deben estar dentro de un rango de 30mm +0.06 mm.

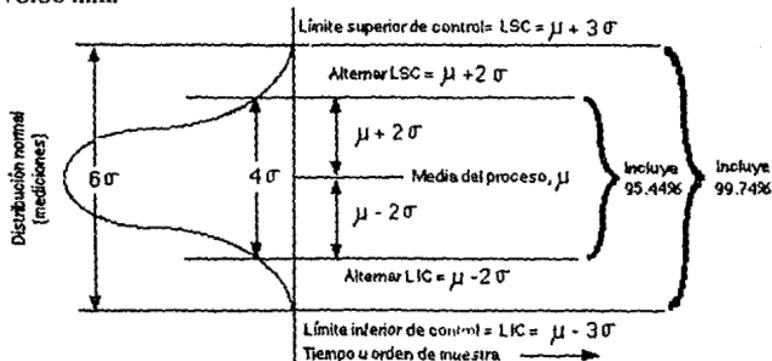


Figura 3.1 Gráficos y límites de control.

Gráficos de control X, R .

Si los valores X, valores de la media, caen dentro de los límites especificados y si las medidas dispersas caen también dentro de las tres desviaciones estándar (incluye el 99.74% de precisión), entonces no se producirán artículos defectuosos bajo condiciones operativas ordinarias.

La aparición de un valor fuera de los límites de control se considera una anomalía, y entonces se ejerce una retroalimentación sobre el proceso donde apareció el valor. Esto permite reducir las tasas de defectos por medio de mejoras cuando se descubren condiciones anómalas en el curso de métodos de chequeo operativo. A continuación mostramos un ejemplo de cálculo de X y R, y sus respectivas gráficas en el caso de una fábrica de recipientes de una libra, de acuerdo con los valores de la tabla 3.1.

Muestra	Mediciones del peso (libras)					Suma	\bar{x}	R
1	1.04	1.01	0.98	1.02	1.00	5.00	1.010	0.06
2	1.02	0.97	0.96	1.01	1.02	4.98	0.996	0.06
3	1.01	1.07	0.99	1.03	1.00	5.10	1.020	0.08
4	0.98	0.97	1.02	0.98	0.98	4.93	0.986	0.05
5	0.99	1.03	0.98	1.02	1.02	5.03	1.006	0.04
6	1.02	0.95	1.04	1.02	0.95	4.98	0.996	0.09
7	1.00	0.99	1.01	1.02	1.01	5.03	1.006	0.03
8	0.99	1.02	1.00	1.04	1.09	5.14	1.022	0.10
9	1.03	1.04	0.99	1.02	0.94	5.02	1.004	0.10
10	1.02	0.98	1.00	0.99	1.02	5.01	1.002	0.04
Totales:							10.048	0.65

Tabla 3.1 Cálculo de X y R.

El peso promedio de los recipientes de una libra es:

$$x = \frac{\sum x}{N} = \frac{10.048}{10} = 1.0048 \quad y \quad R = \frac{\sum R}{N} = \frac{0.65}{10} = 0.065$$

Estas medidas son la base para el diagrama de control \bar{x} . Los límites de control superior e inferior, deben abarcar 99.73% de las mediciones de este proceso y se calculan en la forma siguiente:

$$\begin{aligned}\text{Límite de Control Superior (UCL)} &= \bar{X} + \bar{A} (R) \\ &= 1.0048 + 0.577 (0.065) \\ &= 1.0048 + 0.0375 = 1.0423\end{aligned}$$

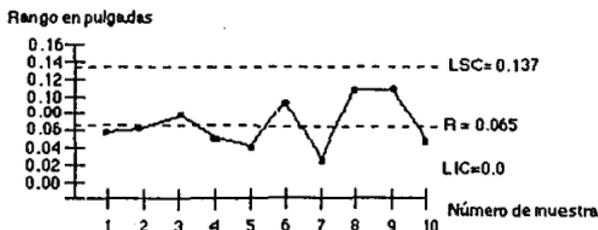
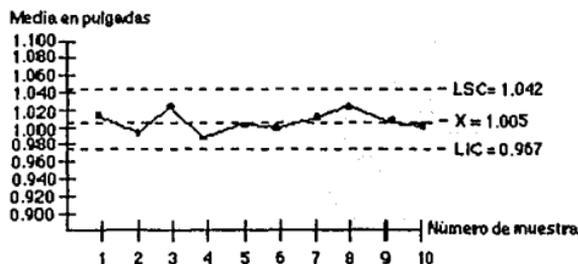
$$\begin{aligned}\text{Límite de Control Inferior (LCL)} &= \bar{X} - \bar{A}(R) \\ &= 1.0048 - 0.0375 = 0.9673\end{aligned}$$

Donde A se basa en un tamaño de muestra igual a 5 y se obtiene de tablas.

Los límites de control al intervalo medio, $R=0.065$, se determinan en la forma siguiente y aparecen en las figuras 3.2 y 3.3:

$$UCL = \bar{B}R = 2.114(0.065) = 0.137$$

$$LCL = \bar{C}R = 0.0(0.065) = 0.0$$



Figuras 3.2 y 3.3 Gráficas de límites de control.

Usar un sistema de gráficos de control permite mejoras de calidad y la vigorosa promoción de la reducción de defectos, mediante la reconsideración tanto de las condiciones que producen los valores X como de las que generan amplios rangos de las desviaciones.

La efectividad de un enfoque de gráficos de control en la reducción de defectos se diluye considerablemente por el sinergismo entre el tiempo que lleva a la muestra descubrir anomalías y el desfase entre el descubrimiento de tales eventos y la acción correctiva.

Los supuestos de que no se puede realizar control de calidad sin dibujar gráficos o que las inspecciones por muestreo son racionales porque se fundamentan en la ciencia estadística, llevan a la gente a olvidar que esos no son más que métodos modernizados y que no porque se racionalicen se garantiza la calidad, perdiendo de vista la importancia de la velocidad de la acción correctiva.

Una Respuesta a la estadística inductiva

- La estadística inductiva continúa siendo una técnica excelente.
- Debe hacerse un uso activo de la estadística en el sentido de que es una técnica extremadamente efectiva en la fase de planificación.
- No obstante, la estadística no siempre es efectiva en las fases de control y ejecución.
- Una característica principal de los SQC es la capacidad para las inspecciones informativas y es extremadamente importante perseguir esta función hasta el límite.
- En cualquier caso, la estadística inductiva es una técnica excelente para racionalizar métodos y no necesariamente tiene que ver con el logro de objetivos.

Sistemas de chequeo sucesivo

Con la experiencia se puede comprender que hay modos para reducir defectos que dejan de lado los métodos SQC, de cuyo análisis se concluye tienen dos desventajas:

- 1.- Las anomalías se localizan mediante inspecciones por muestreo, no con inspecciones al cien por cien.
- 2.- El otro punto es que la observación de los métodos SQC, tal como se aplican actualmente, muestra que la retroalimentación y la acción correctiva, aspectos cruciales de las inspecciones informativas, son demasiado lentos para ser efectivos.

Para superar lo anterior se pueden adoptar especies de listas de chequeo; mecanismo, aparatos, etc. que muestren cualquier olvido, permitan acciones inmediatas e inspecciones al cien por cien. Esto se conoce como poka-yoke.

Este concepto poka-yoke se basa actualmente en la misma idea de "a prueba de tontos", un enfoque diseñado principalmente para preservar la seguridad de las operaciones. Tiene la ventaja de permitir inspecciones al cien por cien de bajo costo, para evitar los errores inadvertidos.

Aún cuando los sistemas poka-yoke son muy buenos cuando se usan métodos físicos de detección, hay un sorprendente número de cosas que solamente pueden verificarse por métodos sensoriales. El enfoque poka-yoke no puede aplicarse en tales casos.

Si el éxito de los sistemas poka-yoke es que la retroalimentación es muy rápida y se realizan inspecciones al cien por cien, entonces es necesario buscar estos dos factores. Una opción es que el operador del proceso siguiente, adopte el rol del inspector que avisa en caso de cualquier anomalía y pueda retroalimentar inmediatamente al trabajador del proceso previo, creándose el chequeo sucesivo y al cien por cien. Un ejemplo:

1.- Cuando el operador "A" termina el proceso de un producto, como se muestra en la figura 3.4 lo pasa al operador "B" del proceso siguiente.

2.- El operador "B" primero inspecciona el producto procesado por "A" y a continuación realiza el proceso que tiene asignado. Entonces pasa el producto al operador "C".

3.- El operador "C" primero inspecciona el producto procesado por "B" y después realiza su trabajo. Cuando lo termina, pasa el producto al operador "D".

4.- De este modo, cada trabajador sucesivo inspecciona los productos del proceso anterior.

5.- Si se descubre un defecto en un producto que viene del proceso previo, inmediatamente se retroalimenta dicho proceso, y ahí se verifica el producto, se adopta la acción necesaria inmediatamente para prevenir la ocurrencia de defectos. Mientras sucede lo anterior se para la línea.

Cuando A termina el proceso de un artículo, lo pasa a B en el proceso siguiente.

B inspecciona el artículo que le dió A y luego realiza el proceso que le corresponde, por último pasa el artículo a C

C inspecciona el artículo y luego realiza el proceso que le corresponde, por último pasa el artículo a D

D inspecciona el artículo y luego realiza el proceso que le corresponde, por último pasa el artículo al siguiente operador etc.

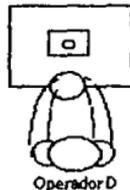
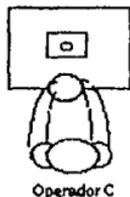
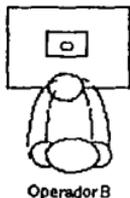
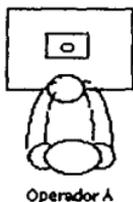


Figura 3.4 Sistema de chequeo sucesivo.

Este proceso supera a los métodos SQC porque posibilita conducir inspecciones al cien por cien, se realizan retroalimentaciones y acciones inmediatas.

El sistema mencionado alcanza su máxima efectividad cuando se le aplican mecanismos poka-yoke. Otra ventaja es que pueden aplicarse incluso en casos en los que las inspecciones sensoriales son inevitables.

Ordinariamente, la implementación de un sistema de chequeo sucesivo lleva sin excepción a reducir la tasa de defectos a una quinta o una décima parte del valor anterior en el lapso de un solo mes.

A veces, sin embargo, se consiguen pocos éxitos con la aplicación de los sistemas de chequeo sucesivo. Para tratar estos problemas hay que tener presentes los puntos siguientes:

Selección de objetivos de chequeo

Es inapropiado utilizar los chequeos sucesivos para verificar demasiadas cosas; en caso de hacerlo disminuirá la efectividad del método y crecerá el número de cosas que los trabajadores olvidarán verificar o nada se verificará a fondo. Es apropiado, por tanto, extraer los puntos principales de las estadísticas de los defectos descubiertos en el proceso final y limitar a dos o tres el número de puntos a verificar en cada proceso.

El examen de las estadísticas de defectos con el propósito de seleccionar puntos importantes para verificación, debe ocurrir cada dos o cuatro semanas. Sin embargo, los puntos importantes para la seguridad deben verificarse siempre y también al último.

Retroalimentación y acción

Cuando se descubren los defectos, es crítico que los operadores de los procesos previos reciban aviso rápidamente de forma que puedan reconocerlos y corregir las condiciones operativas. Los defectos nunca se reducirán si los trabajadores implicados no modifican los métodos operativos cuando ocurren. Con este fin, las

líneas de proceso se paran mientras los mismos empleados hacen las correcciones necesarias.

En general directores y trabajadores se niegan a parar líneas, pero hay tres razones para hacerlo:

1. Parar una línea posibilita que los directores identifiquen el proceso afectado rápida y claramente, y puedan ejercitar entonces un liderazgo efectivo de forma que se implementen rápida y efectivamente las mejoras requeridas.
2. En el futuro cualquier trabajador estará mucho más atento a su tarea por la responsabilidad que siente ante la posibilidad de provocar la detención de la línea.
3. Las pérdidas incurridas por el paro de la línea serán compensadas en exceso, porque los defectos dejarán de generarse.

Chequeos basados en inspecciones sensoriales

En casos como defectos de rayados, calidad de pintura y temas análogos en los que las evaluaciones se hacen por inspecciones sensoriales, deben prepararse muestras de límite aceptable y hacerse juicios sobre la base de comparación con ellas. Aún entonces será difícil hacer evaluaciones en el margen.

Así es como se maneja el problema en una industria:

1. El operador "C" verifica la operación realizada por el operador "B" en el proceso previo.
2. En el proceso final, el trabajador de inspección especializado "A" evalúa las verificaciones realizadas por el operador "C".
3. Al final de las operaciones de cada día, se reúnen los trabajadores "A, B y C" para examinar y discutir los resultados de las verificaciones.

Los defectos se incrementan en la fase inicial de los chequeos sucesivos.

Esta queja se escucha constantemente; sin embargo es importante distinguir entre dos categorías de defectos: defectos interproceso y defectos localizados en la inspección final.

En el periodo inicial, (como se observa en la figura 3.5), casi siempre son los defectos interproceso los que aumentan. Esto es natural y es debido a que pasaban inadvertidos en el pasado y ahora se descubren; sin embargo, los defectos en el proceso final se reducen en un 80 o 90 por ciento después del primer mes. Conforme procede la implantación, los defectos interproceso también bajan gradualmente.

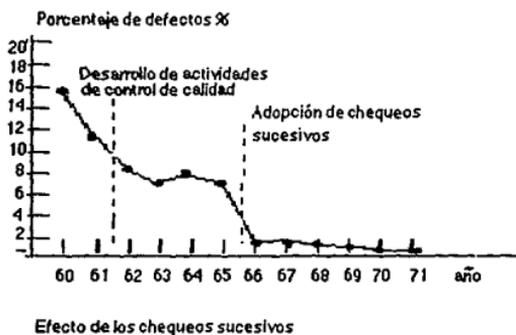


Figura 3.5 Reducción de defectos con la adopción de los chequeos sucesivos.

En general los resultados de la implantación de los chequeos sucesivos son:

1. En los primeros 10 días más o menos después de la implantación, los defectos interproceso se incrementan, pero los de proceso final bajan aproximadamente un tercio respecto al nivel anterior.

2. En los 10 días siguientes, los defectos interproceso bajan hasta aproximadamente la mitad de su nivel previo y los del proceso final se reducen aproximadamente a una quinta parte.
3. En los 10 días siguientes, los defectos interproceso se reducen a una quinta parte y los del proceso final a un décimo de los niveles previos.

Consideración a los trabajadores

En la implantación de los chequeos sucesivos es imperativa la aceptación y comprensión plena por parte de los trabajadores. El fallo en esto socavaría las relaciones interpersonales en el taller, creando una atmósfera en la que cada quien siente como, si siempre estuviese siendo criticado por el operador del proceso siguiente.

Es necesario, por tanto, que cada quien entienda que los errores inadvertidos son más fácilmente detectados por otros y que todos se ayudan mutuamente verificando su trabajo.

Muchos prefieren los chequeos realizados por quien les sigue en la línea, a recibir quejas de inspectores especializados, porque tienen la impresión de tener amigos que les exigen ser cuidadosos.

Casos en los que los chequeos no pueden hacerse en el proceso siguiente

En tales casos, no se tiene otra elección que realizar los chequeos en el proceso más cercano posible. Sin embargo, cuando los defectos se descubren, es imperativo parar la línea. Los artículos defectuosos deben mostrarse al trabajador donde se han originado. Una vez que éste ha reconocido el problema, puede inmediatamente mejorar los métodos de proceso.

Adicionalmente, la verificación de las piezas importantes debe realizarse no solamente por el operador del proceso siguiente, sino

también por el del proceso posterior al siguiente. Este método de doble verificación es extremadamente efectivo.

Pueden también necesitarse, chequeos sucesivos seleccionando un artículo cada cinco, o cada diez, cuando el ciclo operativo es inusualmente rápido.

Sistema de autochequeos (SECS)

Los métodos de chequeo sucesivo se fundan en los siguientes principios:

1. Conducir siempre inspecciones al cien por cien.
2. Las evaluaciones sobre defectos se hacen objetivamente por una tercera persona.
3. Cuando ocurre un defecto, la información se retroalimenta inmediatamente al trabajador donde se ha originado, quien adopta la acción correctiva.
4. Con esto, el proceso cesa de generar defectos.

Después del éxito del chequeo sucesivo, el siguiente paso es un sistema de auto-chequeo que provoque una acción correctiva aún más rápida, a pesar de que suele considerarse que está afectado por las tendencias de los trabajadores a hacer juicios subjetivos y a ignorar problemas inadvertidamente.

Lo anterior quizá porque las personas tienen una resistencia psicológica menor a descubrir las situaciones anómalas por sus propios ojos, en vez de ser señalados por otros. Además, entienden mejor la verdadera causa permitiéndoles implementar contramedidas más efectivas.

Los sistemas de auto-chequeo y chequeo sucesivo son enfoques basados en la idea de inspecciones informativas, y se fundan en los mismos conceptos que los sistemas gráficos de control basados en SQC. Su mayor efectividad se basa en las inspecciones al cien por cien y a que cuando ocurren anomalías, la acción correctiva se adopta con extremada rapidez.

3.1.3.3. Inspecciones en la fuente: inspecciones que eliminan defectos

Las inspecciones en la fuente pueden ser descritas como métodos de inspección que en lugar de estimular la retroalimentación y la acción en respuesta a los defectos, se basa en la idea de descubrir errores en las condiciones que los originan y realizar la retroalimentación y la acción en la fase errónea para evitar que se vuelvan defectos.

Los sistemas de control de calidad cero pueden establecerse combinando inspecciones en la fuente con inspecciones al cien por cien, mecanismos paka-yoke, retroalimentaciones y acciones inmediatas.

Muchas personas sostienen que es imposible eliminar los defectos de cualquier tarea realizada por seres humanos. Este punto de vista deriva de no hacer una clara separación entre errores y defectos. Los defectos surgen porque se cometen errores; entre ambos conceptos hay una relación causa-efecto.

Es imposible eliminar todos los errores de cualquier tarea realizada por personas. Los errores inadvertidos son, al mismo tiempo, posibles e inevitables. Con todo, no se tornarán en defectos si la retroalimentación y la acción tiene lugar en la fase errónea.

Se puede lograr la eliminación de defectos distinguiendo claramente entre causa y efecto y actuando sobre los errores antes que se

conviertan en defectos. Esta es la característica principal de las inspecciones en la fuente.

El problema puede visualizarse del siguiente modo. Los sistemas de dirección en el pasado asociaban la realización de la dirección y el control en ciclos de larga duración presentando la siguiente secuencia:

- Sucedió un error (causa)
- Como resultado ocurría un defecto
- La información se enviaba en consecuencia.

Sin embargo, en las inspecciones en la fuente la dirección o el control se realiza en ciclos cortos:

- Ocurre un error (causa)
- La retroalimentación se realiza en fase con el error, evitando que éste se materialice en defecto.
- Se adopta acción correctiva consecuente.

Se consigue el cero defectos gracias a que los errores no se materializan, porque los ciclos de dirección son muy cortos y la corrección es extremadamente rápida.

Inspecciones en la fuente

Estas caen en dos categorías:

Inspecciones en la fuente verticales

La idea fundamental de las inspecciones en la fuente verticales es llevar el control a los procesos fuente (previos), en los casos en los que éstos contienen las causas de los defectos.

Siempre es necesario examinar los procesos fuente, cuando éstos tienen un impacto mayor en la calidad que los procesos más cercanos.

Inspecciones en la fuente horizontales

Estas inspecciones se refieren a un método basado en la idea de detectar las fuentes de los defectos dentro de los procesos y entonces conducir inspecciones para evitar que los errores se conviertan en defectos.

El uso de inspecciones en la fuente y accesorios poka-yoke ha hecho posible, en algunos procesos, que transcurran varios años sin que ocurra algún defecto.

Cuando estas ideas se aplican al mantenimiento de máquinas pueden igualmente eliminarse las averías.

En tales situaciones, el enfoque es distinguir entre anomalías o problemas y averías, y entonces operar a través de ciclos de control en la fase causal descubriendo las anomalías cuando ocurren y realizando la retroalimentación y acción antes que se conviertan en defectos.

3.1.4. Conceptos básicos para un sistema de control de calidad cero defectos

Un sistema de control de calidad cero defectos se construye con las siguientes ideas básicas:

1. Se emplean inspecciones en la fuente.
2. Se aplican siempre inspecciones cien por cien en vez de inspecciones por muestreo.
3. Minimizar el tiempo para la acción correctiva, cuando aparecen anomalías.

4. Los trabajadores no son infalibles. Se debe reconocer que son seres humanos y establecer, en consecuencia, mecanismos poka-yoke efectivos.

Dada la importancia de los sistemas poka-yoke, a continuación presentamos los puntos básicos en los que se fundamentan, así como los tipos más utilizados.

3.1.5. El Establecimiento de un sistema poka yoke

Los sistemas poka-yoke implican hacer inspecciones al cien por cien, realizando retroalimentación inmediata y acción cuando ocurren errores o defectos. Sin embargo, como consecuencia del considerable efecto obtenido con la instalación de estos mecanismos, muchas personas caen en la falsa impresión de que su simple incorporación eliminará los defectos. Pero, en un análisis final, un sistema es un medio y no un fin.

Para eliminar los defectos, es imperativo combinar las inspecciones en la fuente y el sistema poka-yoke. El uso de estos métodos con autochequeos o chequeos sucesivos debe limitarse a situaciones restringidas por impedimentos técnicos o financieros.

Un sistema poka-yoke posee dos funciones: puede hacer inspecciones al cien por cien y si ocurren anomalías, puede realizar retroalimentación y la acción inmediata. Los efectos de estos métodos en la reducción de defectos diferirán dependiendo de los sistemas de inspección con los que se combinen: inspecciones en la fuente, auto-chequeos, o chequeos sucesivos.

Tipos de sistemas poka yoke

De acuerdo con sus propósitos y técnicas, los sistemas poka-yoke caen dentro de la categoría de funciones reguladoras, o en la de funciones de fijación.

3.1.5.1. Poka yoke de funciones reguladoras

Los sistemas de la categoría reguladora pueden realizar dos funciones: de control y de aviso.

Métodos de control. Son aquéllos en que cuando ocurren anomalías, los mecanismos poka-yoke paran las máquinas o las bloquean, (figura 3.6), previniendo la ocurrencia de defectos en serie; tales métodos tienen una función reguladora más poderosa que la del tipo aviso. Una máxima eficacia para conseguir el cero defectos se obtiene con el uso de estos sistemas tipo control.

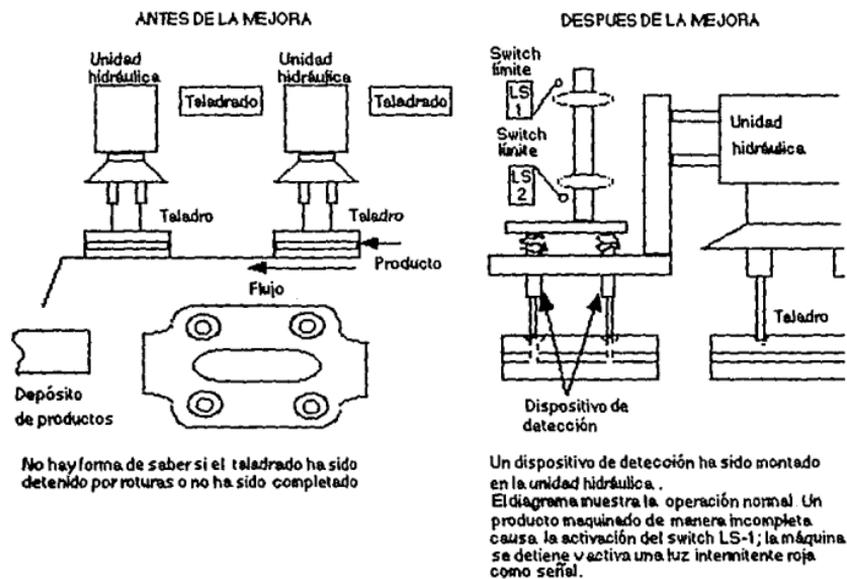


Figura 3.6 *Dispositivo poka-yoke para la mejora de una unidad hidráulica.*

Métodos de aviso. Llamam la atención de los trabajadores cuando ocurren anomalías activando un zumbador o una luz. Como los defectos continuarán si los empleados no advierten estas señales,

este enfoque provee una función reguladora menos efectiva que los métodos de control.

En los casos en que se llama la atención mediante luz, las luces intermitentes pueden ser más efectivas. Por otro lado, los sonidos pueden llamar activamente al personal, pero no serán efectivos si se enmascaran por otros ruidos en el área de trabajo, siendo necesario regular su volumen, tono e intermitencia; hay un sorprendente número de casos en los que es más efectivo cambiar las escalas musicales o timbres antes que aumentar el volumen.

3.1.5.3. Funciones de fijación poka yoke

Los sistemas poka-yoke que fijan funciones pueden dividirse en tres categorías:

1. Métodos de contacto. Los mecanismos sensibles detectan anomalías en la forma o dimensiones del producto, tanto si se hace contacto como si no entre los productos. Se muestran dos ejemplos en las figuras 3.7 y 3.8.

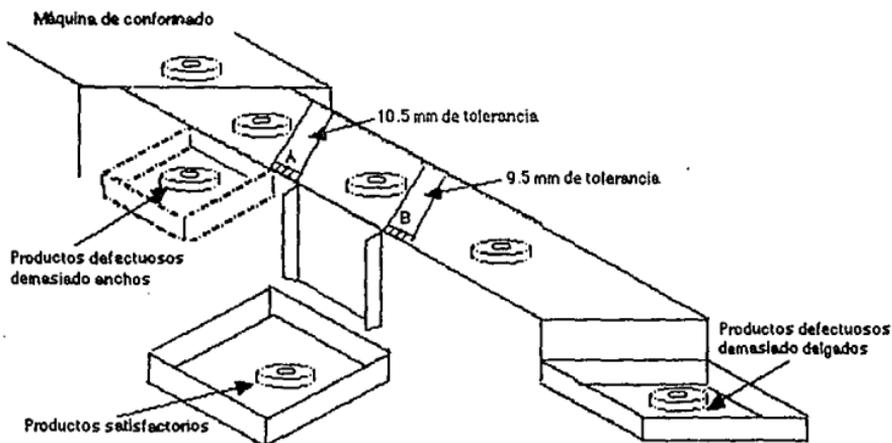


Figura 3.7 Métodos de contacto.

Estos mecanismos son muy económicos y tienen magníficos resultados.

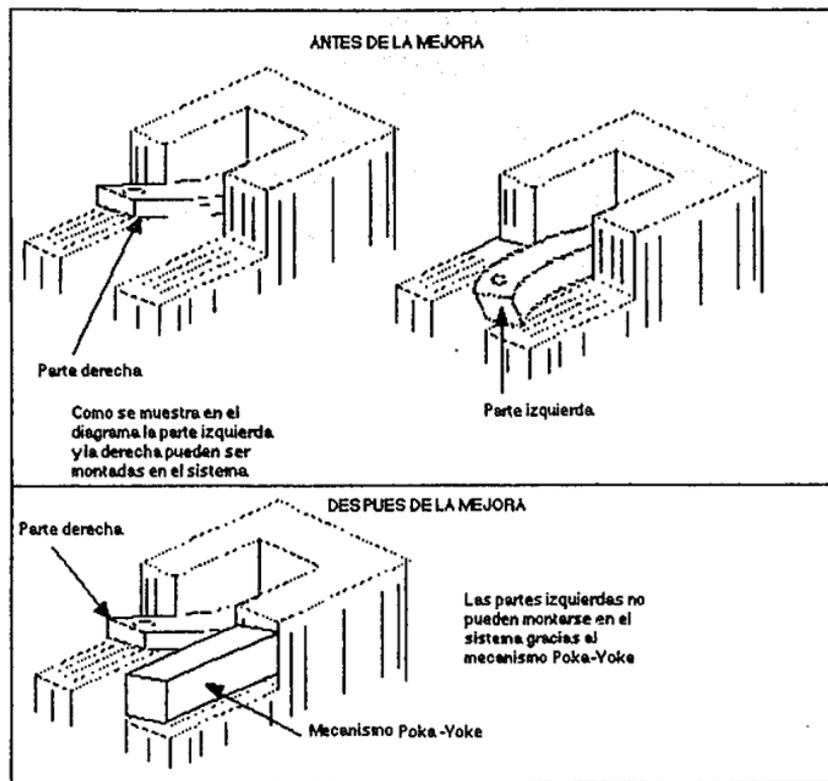
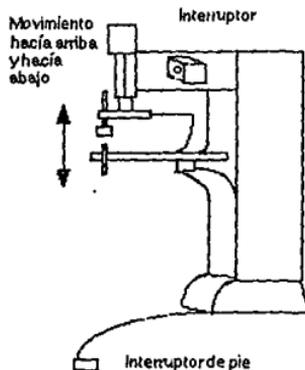


Figura 3.8 Métodos de contacto.

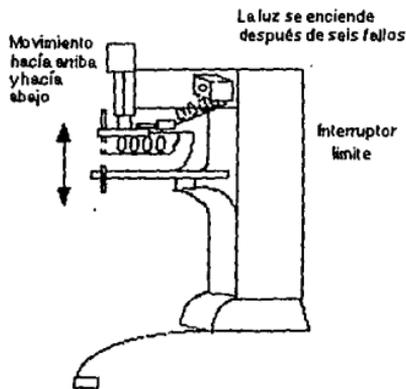
2. Métodos de valor fijo: las anomalías se detectan checando un número específico de movimientos; son útiles cuando las operaciones deben repetirse una predeterminado cantidad de veces, como se muestra en la figura 3.9.

ANTES DE LA MEJORA



Solo un interruptor de pie controla la máquina soldadora y el número de fallo es controlado por la vigilancia de un operador

DESPUES DE LA MEJORA



1. Un interruptor de límite ha sido instalado en el electrodo corredizo y cuando la electricidad pasa seis veces a través del circuito, una luz se enciende para indicar que seis turcos han sido soldadas.
2. La luz no se encenderá aún después de seis paros si una fuerza falta.

Figura 3.9 Método de valor fijo.

3. Métodos de pasos de movimiento: las anomalías se detectan checando los errores en movimientos estándar, en los casos en que las operaciones deben realizarse con movimientos predeterminados. Un ejemplo se muestra en la figura 3.10. Estos métodos son extremadamente efectivos y tienen un amplio rango de aplicaciones.

ANTES DE LA MEJORA

La operación dependía de la vigilancia del operador

DESPUES DE LA MEJORA

La cinta del etiquetador gira agudamente, con lo cual se desprenden las etiquetas. Esto es detectado por un tubo fotoeléctrico y si la etiqueta no es removida y colocada en el producto en un tiempo de 20 segundos, una alarma suena y la cinta del etiquetador se detiene.

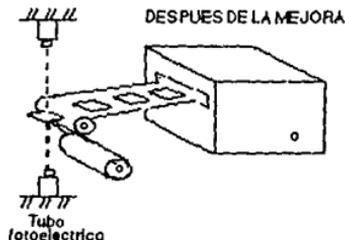


figura 3.10 Método de pasos de movimientos.

3.2. Mejora de transporte

El transporte es otra actividad eminentemente derrochadora y la única mejora de fondo es eliminarlo. La forma de hacerlo es la mejora de la disposición en planta mediante la utilización de "layout" basado en proceso.

3.2.1. Tipos de disposición en planta.

3.2.1.1. Disposición en planta por tipo de máquina. (Basado en operaciones-medios)

Se ponen por secciones máquinas del mismo tipo, es decir tornos juntos, fresadoras juntas, cepillos juntos, etc.

Este tipo de layout es una elección pobre, con un alto contenido de transporte. Es común en Estados Unidos y Europa.

3.2.1.2. Disposición en planta por grupos colectivos de piezas (basado en proceso -producto)

Este sistema trata las piezas de un grupo, de manera central; es decir las piezas relacionadas con el motor centralmente y el taller utiliza un layout por tipo de máquina.

3.2.1.3. Disposición en planta por grupos de piezas similares (basado en proceso- producto)

Se fabrican varias piezas del mismo tipo en una misma máquina y dentro de un grupo de máquinas herramientas se utiliza el layout por tipo de máquina.

3.2.1.4. Disposición en planta en secuencia de proceso singular (basado en proceso)

Un producto "p" se fabrica en determinadas máquinas de acuerdo con su secuencia de producción por ejemplo torna-fresa-taladro

rectificado. Las máquinas están conectadas por canales y no se requiere transporte manual. Este tipo de layout se utiliza para productos con demandas suficientes como para producir durante un mes continuo.

3.2.1.5. Disposición en planta en secuencia de proceso común (basado en proceso)

Si un producto "p" no tiene la demanda suficiente como para fabricarse durante un mes continuamente, entonces se combinan varios que tengan una secuencia común.

3.2.1.6. Disposición en planta en secuencia de proceso similar (basado en proceso)

La secuencia no es exactamente la misma, pero es muy similar. Se determina la del mínimo común, y cuando no se utiliza alguna máquina, puede parar.

A continuación se muestra la figura 3.11 donde se resumen los tipos de layout.

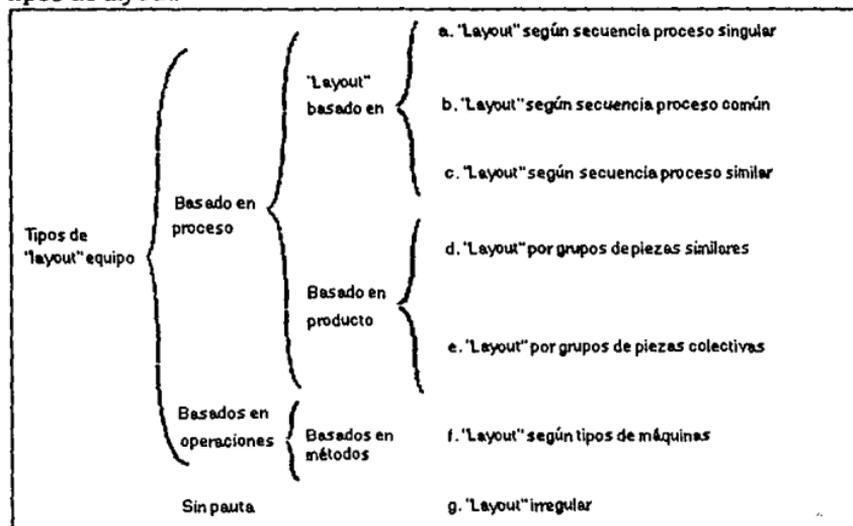


Figura 3.11 Tipos de disposición en planta.

3.3. Disminución de los retrasos

En una empresa nos podemos enfrentar a cuatro tipos de retrasos:

1. Retrasos por almacenamiento de materias primas.
2. Retrasos de proceso. Es cuando un lote entero espera a que esté disponible el proceso siguiente.
3. Retrasos de lote. Es cuando el resto del lote espera estando ya procesado o no.
4. Retrasos por almacenamiento de productos terminados

3.3.1. Significado de los Retrasos

Un retraso es el tiempo durante el cual no hay la realización de un proceso, inspección o transporte sobre el material. Los retrasos son un incremento de costos, algo que no añade valor.

Los retrasos deben monitorearse, porque pueden dañar el control de la fábrica. La mayoría de la gente de dirección ve los retrasos como un mal necesario, pero pueden ocasionar pérdidas significativas como alargar los ciclos de producción, incrementar el inventario de los materiales, productos y trabajo en curso, reducir la tasa de rotación de capital, e incrementar el espacio para material, el costo y las horas de manipulación.

Los retrasos son uno de los factores más importantes en la contabilización de los ciclos de producción, por lo que reduciéndolos se pueden acortar de manera importante estos ciclos.

3.3.2. Periodo de entrega y ciclo de producción

Una de las principales causas de retraso en la entrega al cliente, es que normalmente estos periodos son más cortos que los ciclos de producción y los factores que normalmente ocupan más tiempo en este ciclo son los retrasos. Reduciéndolos se puede conseguir reducciones importantes en los ciclo de producción.

Periodo de entrega (D). Comienza desde la recepción de una orden y termina cuando la orden se entrega.

Ciclo de producción (P). Comienza cuando arranca el primer proceso y termina cuando el producto se acaba.

Si $(D) > (P)$ no hay problema. Si $(D) < (P)$ Si hay un problema y hay que arrancar la producción anticipadamente, si la previsión de la demanda no es correcta se producirá trabajo en curso extra.

Lo mejor es reducir (P). La forma más fácil de hacerlo es reducir los retrasos ya que normalmente éstos contabilizan la mayor parte de los ciclos de producción como se puede apreciar en la figura 3.12.

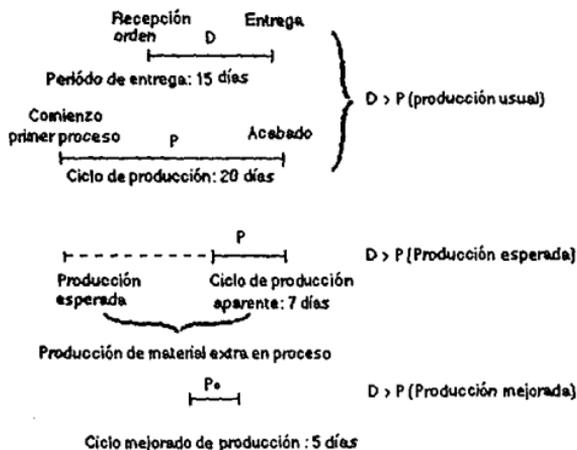


Figura 3.12 *Ciclo de producción.*

3.3.3. Disminución de los retrasos por almacenamiento de materias primas.

Los retrasos por almacenamiento de materias primas se pueden remediar con negociaciones con el proveedor. Estos se analizan con mayor profundidad en el capítulo cinco en el tema de proveeduría.

3.3.4. Disminución de los retrasos de proceso

Normalmente se cree que los ciclos de producción son la suma de los tiempos de procesos individuales, pero la mayoría de las veces no es así. Normalmente la relación entre tiempo de proceso y los retrasos de proceso es de 1 a 4 o de 2 a 3, por lo que el ciclo de producción se reduce con mayor efectividad acortando los periodos de retrasos.

Los retrasos de procesos se remedian con sincronización y nivelación

Características del retraso de proceso

Basados en factores causales, los retrasos se dividen en:

1. Causados por falta de capacidad.
2. Causados por falta de programación o programación inadecuada.

Causados por falta de capacidad

En relación a los causados por falta de capacidad tenemos que, se conoce como carga a la cantidad de horas que necesita una tarea para ser ejecutada, mientras que la capacidad es el grado de aptitud disponible para realizar una tarea. Un retraso de proceso se produce

cuando la capacidad efectiva del proceso siguiente es menor que la del proceso previo, calculándose la capacidad efectiva como:

$$\text{Capacidad efectiva} = \frac{\text{capacidad- carga}}{\text{capacidad}} = E$$

Si por el contrario la capacidad efectiva del proceso siguiente es mayor que la del proceso anterior, entonces el proceso siguiente espera por artículos.

Algunos problemas que afectan la carga y la capacidad son:

Averías de equipo. Producen un retraso de proceso; el inventario se puede utilizar como amortiguador, pero la solución básica es evitar que se produzcan averías con sistemas de TPM y cuando se tenga un problema parar la línea y buscar una solución definitiva.

Productos defectuosos. Perturban el flujo de proceso. El inventario puede tener un efecto amortiguador, pero la solución básica es la adopción de inspecciones en la fuente y el sistema poka-yoke.

Retrasos de proceso por compensar cambios de útiles. Se producen cuando los cambios de útiles toman demasiado tiempo y se utilizan lotes económicos de producción grandes. El SMED elimina la necesidad de los lotes económicos.

Retrasos de procesos para compensar cambios en planes de producción. Como soluciones tenemos: la utilización del SMED para cambios de útiles en menos de 10 minutos, reducciones en plazos de entrega, preautomatización.

Retrasos de procesos debido a la congestión. Cuando una máquina de elevada capacidad alimenta varias máquinas o cuando varias máquinas alimentan una más grande se producen retrasos debidos a las secuencias en lotes. Algunas medidas son: Instalar varias máquinas baratas para crear un flujo directo, minimizar cambios de útiles

Retrasos en procesos creados por diferencia en tiempos operativos. Son por ej. cuando el primer proceso requiere de un turno para completarse y el segundo de dos turnos. Algunas soluciones son: la preautomatización para hacer las dos operaciones en el mismo tiempo sin trabajadores, mejorar el proceso más lento para hacerlo de un solo turno.

Si fijamos un nivel de producción objetivo (carga), se debe cumplir que todos los procesos tengan una capacidad efectiva positiva, si hay uno solo con una capacidad efectiva negativa, el nivel de producción objetivo no se conseguirá.

Cuando se tiene una capacidad efectiva negativa, hay que realizar horas extras, aumentar un turno, o subcontratar.

Lo ideal es incrementar la capacidad sin producir retrasos y esto puede hacerse mejorando el mecanizado.

La producción no significa producir tanto como sea posible, significa producir sólo lo que se necesita para absorber la carga. Por lo que puede haber diferencias entre la capacidad requerida y la capacidad potencial, debiendo trabajarse a la capacidad requerida para y con capacidades efectivas positivas en todas las máquinas para evitar retrasos de proceso.

Retrasos causados por falta de programación

La sincronización es el único modo de eliminar este tipo de retrasos de proceso y ésta se consigue satisfaciendo:

1. La nivelación de las capacidades efectivas.
2. Coordinando los tiempos de arranque y acabado.

El método más fácil de conseguir la sincronización es reducir la capacidad potencial al nivel de capacidad requerido. Otro método es hacer más lentas esas máquinas o pararlas en ocasiones.

La mayoría de las veces se consigue deteniendo la máquina ya alcanzado el nivel de carga, de producción requerido.

Nivelación

Es cuando cada proceso fabrica la misma cantidad de piezas por unidad de tiempo. Algunos temas relacionados son: el balanceo de las cantidades de producción y las capacidades de proceso.

La mayoría de las capacidades de proceso no son uniformes. Si no lo son y se explotan al máximo, se producen retrasos de proceso. El enfoque común cuando esto sucede es intentar ajustar a la mayor capacidad de proceso, pero se debe recordar que la necesidad de producción está determinada por la demanda, por lo que es derrochador producir más de lo que ésta señala; nivelar las capacidades a un nivel mayor o menor a lo que marca la demanda ocasiona problemas y costos innecesarios. Cuando se nivela se puede hacer de acuerdo con los siguientes conceptos:

1. Nivelar al mayor nivel de capacidad particular de proceso.
2. Nivelar a la menor capacidad particular de proceso.
3. Nivelar la salida al nivel requerido por la demanda.

El sistema de producción de Toyota se basa en la tercer opción. Para Toyota no tiene sentido mejorar los cuellos de botella si en las condiciones en que se encuentran se pueden satisfacer los niveles de demanda.

Sincronización

Aún si se nivela la salida de productos en cada máquina, existe el problema de la sincronización. Un retraso de proceso ocurrirá a menos de que los artículos pasen desde la operación previa justamente cuando se está acabando la operación posterior.

Para la sincronización se debe tener una perspectiva global, pero el prerequisite es la nivelación.

3.3.5. Disminución de los retrasos de lote

Como los retrasos de lote están ocultos en el ciclo de proceso, a menudo escapan a la atención. Un problema que resulta de los retrasos de lote son los incrementos en los ciclos de producción.

Cuando se utiliza una producción en lotes tenemos que el ciclo de producción L se calcula multiplicando n por T , donde T es el tiempo por proceso y n es el número de procesos.

Si se realiza una producción en lotes pero promoviendo un flujo pieza por pieza, al terminar un producto se pasaría inmediatamente al proceso siguiente:

$L = T + (n-1)t$ donde t es el tiempo de proceso por pieza

Como generalmente $(n-1)t < T$ la relación puede aproximarse a:

$$\frac{L}{T} \approx \frac{1}{n}$$

En otras palabras: realizando una producción unitaria en un entorno de 10 procesos, el tiempo de ciclo se reduce a una décima parte.

El uso de lotes de una sola pieza incrementa la frecuencia de transporte al siguiente proceso, el remedio más efectivo para esto es mejorar la disposición en planta y el segundo más efectivo es mejorar el medio de transporte.

La mejora del layout no sólo reduce las horas de transporte por trabajador, sino también acorta el ciclo de producción.

Gracias a que el SMED elimina la razón para el incremento del tamaño de lote se pueden conseguir drásticas reducciones en los ciclos de producción.

Reducción del tamaño de lote para reducir el ciclo de producción

La cuenta del retraso máximo se reduce conforme al tamaño de lote, es decir mientras más frecuentemente se produzca será mejor, ya que se reducirán los retrasos.

Cuando se tiene una reducción del tamaño del lote a un décimo, el tiempo de ciclo se reduce a un décimo. Por ejemplo, si se tiene un tiempo de proceso de 12.5 hrs por proceso para un lote de 1000 unidades y se tienen 10 procesos, el tiempo de ciclo es de 125hrs, si reducimos el tamaño de lote a 100 unidades tenemos; 1.25 hrs por proceso por 10 procesos son 12.5 hrs de tiempo de ciclo, con lo cual al reducir el tamaño de lote a un décimo se reduce el tiempo de ciclo a un décimo.

Las ventajas de las máquinas más baratas es que se pueden sacrificar las tasas de operación de las mismas para minimizar los retrasos, reducir el inventario, el espacio para el inventario, facilitar la automatización para la puesta en marcha y paro de las máquinas.

El retraso total puede minimizarse utilizando ciclos cortos y la nivelación, la desventaja es que baja la tasa de operación de las máquinas.

Los decrementos en los lotes a procesar reducen el inventario y la caída de las tasas de operación de las máquinas se minimiza con el SMED y cambios de un solo toque.

El SMED permite:

- Respuesta inmediata a cambios de demanda.
- Dramáticas reducciones en tiempos de fabricación.

- Eliminar los retrasos de lote.

El uso de flujos, pieza por pieza reduce el plazo de fabricación e incrementa la frecuencia de transporte, pero esto se contraresta con la utilización de un layout basado en proceso.

Ejemplo de reducción del ciclo de producción

La fabricación del producto "A" requiere de diez procesos, la situación original antes de cualquier mejora es; lotes de producción de 1000 unidades para satisfacer la demanda mensual, el tiempo requerido por proceso es de 12.5 horas con lo que el ciclo de producción es:

$$0. \quad 12.5 \text{ horas} \times 10 \text{ procesos} = 125 \text{ horas}$$

$$\text{Ciclo de producción} = 125 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos/hora} = 7500 \text{ minutos}$$

1. Con la sincronización y la nivelación se pueden conseguir reducciones de los ciclos de producción del orden del 60% con lo cual tenemos:

$$12.5 \text{ horas} \times .4 = 5 \text{ horas} \quad \text{y} \quad 5 \text{ horas} \times 10 \text{ procesos} = 50 \text{ horas}$$

$$\text{Ciclo de producción} = 50 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos/hora} = 3000 \text{ minutos}$$

2. Si se utiliza un flujo, pieza por pieza se tendría una reducción del ciclo de producción del siguiente orden:

$$5 \text{ horas} / 1000 \text{ piezas} = .3 \text{ minutos/pieza}$$

$$\text{Ciclo de producción} = 5 \text{ horas} + (10-1) \cdot .3 = 302.7 \text{ minutos}$$

3. Por último si se reduce el tamaño de lote a una décima parte, se reduce el ciclo de producción a:

$$.3 \text{ minutos/pieza} \times 100 \text{ piezas} = 30 \text{ minutos}$$

$$\text{Ciclo de producción} = 30 + (10-1) \cdot 3 = 32,7 \text{ minutos}$$

Si analizamos la reducción del ciclo de producción encontramos que de la situación original donde se requería de 7500 minutos para completar el ciclo de producción a la situación final donde se requiere de 32.7 minutos para completar el ciclo de producción se logró una reducción del 99.9956%.

Si consideramos para el ejemplo anterior los tiempos de preparación, en los casos 0, 1 y 2 tenemos un tiempo de preparación de 4 horas y en el caso 3 un tiempo de preparación de 2 minutos conseguido, gracias a la aplicación del SMED, los tiempos requeridos por pieza para su fabricación son:

0.

$$7500 \text{ minutos} + 4 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos/hora} = 7740 \text{ minutos por lote}$$

$$7740 \text{ minutos por lote} / 1000 \text{ piezas} = 7.74 \text{ minutos/pieza}$$

1.

$$3000 \text{ minutos} + 240 \text{ minutos} = 3240 \text{ minutos por lote}$$

$$3240 \text{ minutos por lote} / 1000 \text{ piezas} = 3.24 \text{ minutos/pieza}$$

2.

$$(302.7 \text{ minutos} + 240 \text{ minutos} + (999 \text{ piezas}) \cdot 3 \text{ minutos/pieza}) / 1000 \text{ piezas} =$$

$$= 3.8424 \text{ minutos/pieza}$$

3.

$(2 \text{ minutos} + 32.7 \text{ minutos} + (99 \text{ piezas}) \cdot 3 \text{ minutos/pieza}) / 100 \text{ piezas} =$

$= .644 \text{ minutos/pieza}$

Considerando que la demanda mensual se distribuye uniformemente durante el mes, los Inventarios diarios promedio para cada sistema de producción son:

0. 409.69 piezas

1. 461.11 piezas

2. 483.33 piezas

3. 33.33 piezas

A continuación se muestra la tabla 3.2 donde se pueden observar los efectos de los sistemas antes vistos en lo que se refiere a ciclo de producción, tiempo de producción por pieza e inventarios diarios promedio.

SISTEMA	TIEMPO DE PRODUCCION/PIEZA	CICLO DE PRODUCCION	INVENTARIOS DIARIOS PROMEDIO
UNIDADES	MINUTOS/PIEZA	MINUTOS	PIEZAS/DIA
0	7.74	7500	409.69
1	3.24	3000	461.11
2	0.8424	302.7	483.33
3	0.644	32.7	33.33

Tabla 3.2 Efectos de la reducción de los retrasos

Dado que una de las mejores formas de reducir los retrasos es acortar el tamaño de lotes al mínimo posible, pieza por pieza, a continuación presentamos el sistema Kanban para administrar este flujo.

3.3.6. Sistemas de administración de flujo pieza a pieza

El Justo a tiempo (JIT) es entregar, fabricar, trasladar, etc. en el momento justo en el que se necesitan las cosas. El disparador es la demanda por lo que este método tiene que seguirla estrictamente. Para que el JIT sea posible son indispensables tamaños de lote lo más cercanos a la unidad, por lo que requiere de la drástica reducción de los tiempos de preparación. Para administrar el flujo de las piezas y la producción de las mismas en Japón normalmente utilizan el Kanban.

Kanban

Kanban, literalmente traducido significa récord visible. Más generalmente, Kanban se toma como tarjeta. El sistema Kanban de Toyota emplea una tarjeta para señalar la necesidad de entregar más partes y una tarjeta idéntica o similar para indicar la necesidad de producir más partes.

Si se entiende el Kanban como un sistema de tarjetas mediante las cuales se ordenan y se entregan productos, entonces la mayoría de las empresas en el mundo podrían reclamar que tienen uno. Estas tarjetas tradicionales no constituyen un sistema Kanban, porque están utilizadas en lo que se conoce como un sistema que empuja la producción, es decir empuja las órdenes de partes y su control. Una característica única del sistema Kanban de Toyota es que es un sistema que jala la producción.

Un sistema que empuja la producción es en realidad un sistema basado en un programa de producción, es decir en un programa multiperiodo de las demandas futuras de la compañía, que después se descompone en programas detallados para fabricar o comprar los componentes. Es un sistema que empuja, porque el programa empuja a la gente de producción a hacer las partes requeridas y entonces empuja las partes hacia afuera.

Kanban provee de partes cuando se necesitan, pero sin adivinar y más aún sin exceso de inventario resultado de malos pronósticos. Pero hay una importante limitante del Kanban y es que éste trabaja bien sólo en el contexto de un sistema JIT en general, y con las reducciones de tiempos de preparación y tamaños de lotes en particular. Un programa JIT puede tener éxito sin un sistema Kanban, pero el Kanban no tiene sentido independientemente del JIT.

Comúnmente se conocen dos tipos de Kanban:

1. El sistema de dos tarjetas de Toyota
2. El Kanban de una tarjeta.

El sistema Kanban de Toyota

En el sistema Kanban de Toyota cada tipo de parte o número de parte tiene su propio contenedor designado para una cantidad precisa de partes, preferiblemente muy pequeña. Hay dos tarjetas para cada contenedor; en ellas se puede encontrar información del número de parte y la capacidad del contenedor, además de otra información. Una de las tarjetas (la de producción) sirve para avisar al centro de producción que fabrique la parte, la otra, llamada tarjeta de entrega, indica las necesidades del próximo centro de producción, es decir la cantidad que debe entregársele.

La figura 3.16 muestra la ruta de la tarjeta y el contenedor para dos centros de trabajo; un centro de laminación, que provee cabezas laminadas a un centro de taladrado, que hace agujeros en las cabezas. Un almacén L sirve al laminado y otro M sirve al taladrado. El flujo y la descripción paso a paso queda:

Sistema de Kanban de tarjeta doble y flujo de contenedores.

El punto natural de inicio está en el centro de trabajo que demanda la producción (taladrado en este ejemplo). Las partes para taladrado se obtienen a través del uso de tarjetas de entrega (C-Kanban) como sigue:

1. En la figura 3.13 Encontrar la nota "Empleza aquí" que se localiza en un contenedor lleno de partes listas para ir a taladrado. Su C-Kanban es retirado y colocado en una caja de recolección para el punto M de almacenamiento.

2. El contenedor más recientemente vaciado en el taladrado es llevado al almacén M, donde se le coloca un C-Kanban.

3. El contenedor vacío y la tarjeta C-Kanban son conducidos al punto L de almacenamiento, donde el C-Kanban es colocado en un contenedor lleno, que es llevado de regreso al punto de almacén M. El último acto también dispara actividad de producción a través del uso de una tarjeta P-Kanaban como sigue:

4. El contenedor lleno que se ha tomado tenía una tarjeta P-Kanban antes de abandonar el punto de almacenamiento L, su tarjeta P-Kanban es separada y colocada en una caja de recolección.

5. Las tarjetas P-Kanban, que se aplican en el laminado, son llevados a éste cada hora o menos, de donde van a la caja de despacho de trabajo para laborar con ellos, según el orden de recepción del punto L.

6. Las partes terminadas van a un contenedor vacío tomado del punto L, el P-Kanban es colocado y el contenedor lleno se lleva al punto L.

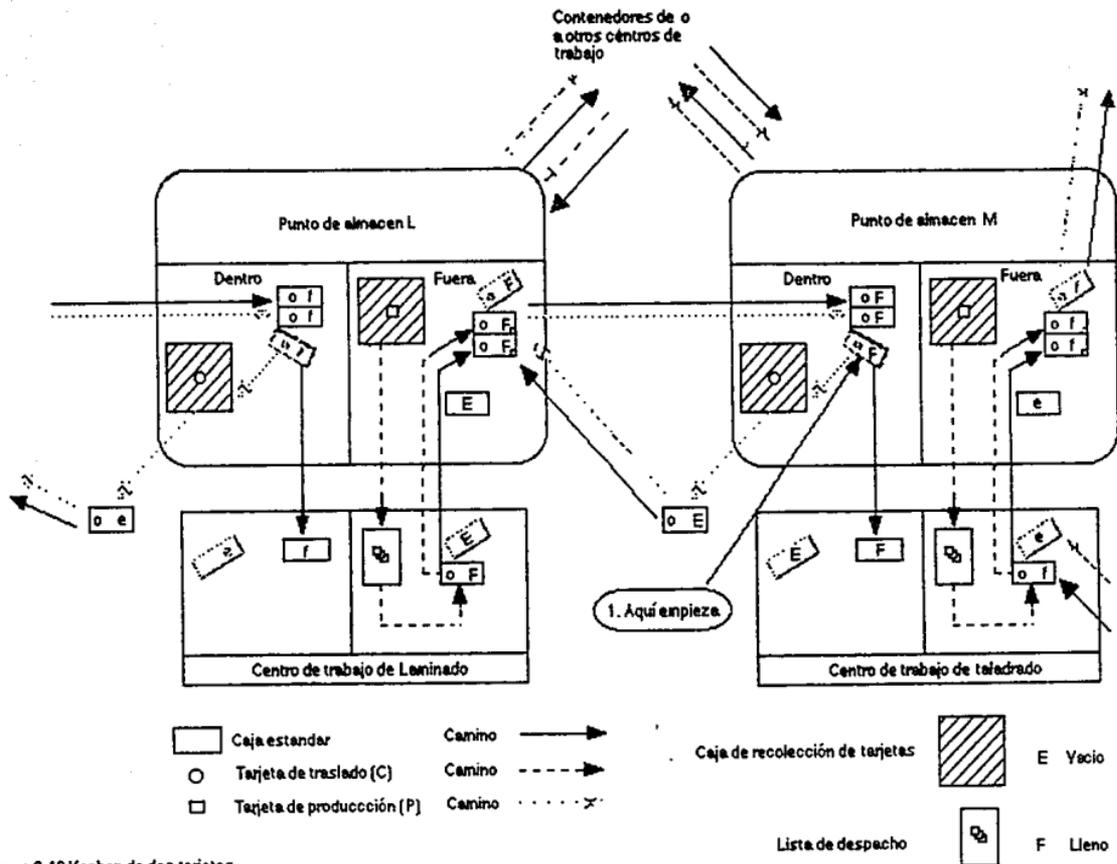


Figura 3.13 Kanban de dos tarjetas

Reglas

La simplicidad y la efectividad del sistema Kanban se basa en las siguientes reglas:

1. Ninguna parte será hecha en el laminado si no hay una tarjeta P-Kanban que lo autorice. Los trabajadores pueden dar mantenimiento o trabajar en proyectos de mejora cuando no hay P-Kanban en la caja de despacho.
2. Hay precisamente una tarjeta P-Kanban y una tarjeta C-Kanban para cada contenedor, y el número de contenedores con Kanban por número de parte es una consideración delicada de la dirección.
3. Solamente contenedores estándar podrán usarse, y ellos siempre estarán llenos con las pequeñas cantidades prescritas, ni más ni menos. Con este cuidadoso control de contenedores por número de parte, el control del inventario es simple y mucho más preciso.

Los contenedores son una medida del nivel de inventario en el sistema. Sin embargo si se retiran los Kanban se logra reducir el inventario aún con los mismos contenedores, porque un contenedor vacío, sin Kanban, es ignorado.

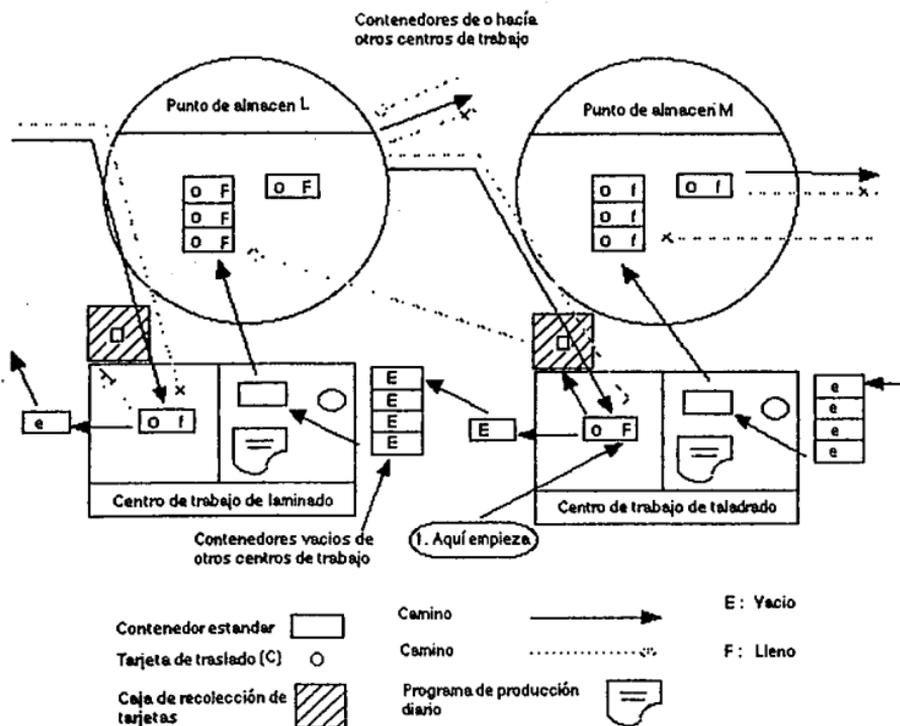
El Kanban es factible en cualquier planta que produce unidades discretas. Pero es benéfico sólo en las siguientes circunstancias:

1. El Kanban debe ser un elemento de un sistema JIT.
2. Las partes incluidas en el sistema kanban deberán ser usadas cada día.
3. Partes muy grandes o muy caras no deberían ser usadas en un sistema Kanban.

Sistema Kanban de una tarjeta

El número de compañías que han implementado el sistema completo de doble tarjeta de Toyota es muy reducido. Sin embargo,

hay cientos de empresas que reclaman tener un sistema Kanban. Lo que la mayoría de esas empresas utiliza es un sistema de kanban de una tarjeta que usa una C-Kanban. Es fácil iniciar con un sistema C-Kanban, y luego añadir la tarjeta P-Kanban si parece benéfico. En el sistema Kanban de una tarjeta (C-Kanban), las partes son producidas y compradas de acuerdo con un programa diario y las entregas al cliente son controladas por una tarjeta C-Kanban. En efecto el sistema Kanban de una tarjeta, es un sistema que empuja para la producción y que jala para las entregas. Figura 3.14



Kanban de tarjeta única

Figura 3.14 Sistema Kanban de una tarjeta.

Una diferencia obvia respecto a la figura del ejemplo anterior es que no se emplea un punto de almacenaje para partes que entran. En su lugar, las partes son entregadas directamente en el punto de uso (taladrado), también, el punto de almacén para las partes tiende a ser más grande que para el sistema Kanban de doble tarjeta. La razón es que este punto tiene que almacenar productos según un programa de producción. El programa empuja las partes laminadas en el punto de almacenaje incluso cuando el taladrado ha sido reducido o detenido como resultado de problemas de calidad.

El flujo de Kanban y contenedores queda de la siguiente forma:

1. Empezamos en el punto 1 en la figura 3.17 nosotros vimos que un contenedor ha sido recién vaciado, y los trabajadores han comenzado a utilizar cabezas de laminado de un contenedor lleno que estaba "on deck". Cuando el primer contenedor se vació, un empleado colocó su C-Kanban en la caja de recolección Kanban.
2. Cada media hora o menos, un empleado (probablemente en un pequeño vehículo) hace un circuito pasando por todas las cajas de recolección de Kanban de una área determinada, deja los contenedores llenos y los C-Kanban del circuito previo y recoge los C-Kanban de las cajas. La acción se ejemplifica en el número 2 de la figura 3.18, se pone la tarjeta C-Kanban a un contenedor lleno de cabezas laminadas y lo entrega al taladrado.
3. El laminado mantiene el punto 1. supeditado con contenedores llenos. Producción se apega a un programa diario, y normalmente éste mantiene rotaciones de modelos durante el día.
4. Contenedores vacíos son recolectados periódicamente desde los centros de trabajo de uso y llevados a centros de trabajo de producción.

Sistema de tarjeta única comparado con el sistema de doble tarjeta.

El sistema de tarjeta única controla las entregas muy rigurosamente, de tal forma que el centro de trabajo de uso, nunca tiene más de un contenedor o dos por partes, y el punto de almacén que servía al centro de trabajo de uso es eliminado.

Por otro lado, las partes producidas se pueden fabricar en exceso de acuerdo con el programa de producción, pero el exceso de producción no debe ser serio en compañías en que es relativamente fácil asociar las cantidades requeridas y la sincronización de componentes con el programa de productos terminados.

El sistema de tarjeta única controla las entregas de partes de un estado al próximo, y el programa de partes diario, apropiadamente compensado para "lead time" provee de partes cuando se necesitan, con pocos excesos de inventario.

El sistema de única tarjeta se puede utilizar bien, en la fabricación de productos sencillos con poca variedad de partes y modelos.

Para el caso de productos más complicados en número de partes y variedad de modelos, el sistema de tarjetas doble es más efectivo.

El sistema de tarjeta doble es más efectivo porque tiene las mejoras de productividad, exposición y solución de problemas. Desafortunadamente, el sistema de tarjeta única no tiene estas características. Por lo que las compañías que tienen este sistema deben conseguir sus mejoras de alguna otra forma.

3.4. Mejora del trabajo

Cuando se mejora un proceso, tal como una operación de mecanizado, se deben evitar las mejoras operacionales pasivas. Una mejora pasiva significa que el método actual se asume como garantizado y la mejora se centra, por ejemplo, en la velocidad de corte, tratar dos piezas a la vez, o utilizar una herramienta multifilo.

En vez de esto, hay que determinar las funciones requeridas, y entonces, determinar como proveer esas funciones. Las técnicas de Ingeniería de valores (VE) y de análisis de valores (VA) son de gran ayuda para evitar las mejoras pasivas.

Capítulo 4

4. Mejora de operaciones

Una operación es una cadena de eventos mediante los cuales un trabajador o máquina (el sujeto de la producción) trabaja sobre un producto o parte (objeto de la producción). Dado que son más evidentes que los procesos, los esfuerzos pasados de mejora se han centrado demasiado en las operaciones, éstas se clasifican según la figura 4.1 .

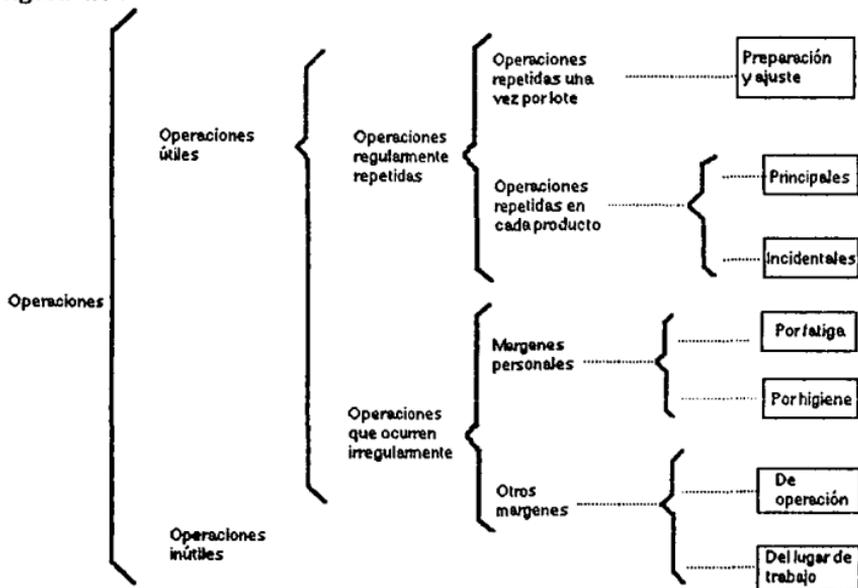


Figura 4.1 Tipos de operaciones.

En la primera parte de este capítulo analizaremos la mejora de las operaciones que ocurren una vez por lote (operaciones de preparación y operaciones de ajuste). En esta sección presentaremos la herramienta de cambio de útiles en menos de diez minutos por sus siglas en inglés "SMED" que será vital para conseguir las reducciones en tiempos de preparación y ajuste.

En la segunda parte analizaremos las mejoras de las operaciones repetidas en cada producto, mencionando las principales herramientas para conseguir dichas mejoras.

Por último analizaremos la mejora de las operaciones que ocurren irregularmente y cómo conseguirlas.

4.1. Mejora de las operaciones que ocurren una vez por lote

4.1.1. Mejora de los tiempos de preparación y operaciones de ajuste

Aún hoy en muchas empresas se utiliza el concepto del lote económico de producción, provocando altos niveles de inventario, incrementos en costos y un pobre servicio. Estas empresas lo continúan usando porque consideran que:

1. Se requiere de una alta destreza y experiencia para realizar los cambios de útiles
2. La producción en grandes lotes disminuye el efecto de tiempo de preparación y las horas hombre por unidad producida.
3. Aún cuando la producción en grandes lotes incrementa el inventario, resolvieron lo anterior, con la utilización del lote económico de producción.

El problema de las ideas anteriores es que ocultan la falsa hipótesis de que los tiempos de preparación y de cambios de útiles no pueden reducirse drásticamente.

4.1.1.1. Análisis de la producción en grandes lotes

Si los tamaños de lote aumentan, la proporción tiempo de preparación a número de operaciones puede ser reducida apreciablemente como se muestra en la Tabla 4.1, para un aumento de 10 veces el tamaño del lote de producción (de 100 a 1000 piezas) se logra un 64% de reducción del tiempo de operación por pieza.

Tiempo de preparación	Tamaño de lote	Tiempo de operación principal por pieza	Tiempo de operación	Ratio (%)	Ratio (%)
4hrs	100	1 min	$1 \text{ min} + \frac{4 \times 60}{100} = 3.4 \text{ min}$	100	
4hrs	1000	1 min	$1 \text{ min} + \frac{4 \times 60}{1000} = 1.24 \text{ min}$	36	100
4hrs	10000	1 min	$1 \text{ min} + \frac{4 \times 60}{10000} = 1.024 \text{ min}$	30	83

Tabla 4.1 Efectos del tamaño de lote en el tiempo de operación.

Del mismo modo, las ganancias por aumentar el tamaño del lote son mayores para tiempos de preparación largos que para tiempos cortos como se puede apreciar en la Tabla 4.2., en donde el tiempo de preparación es el doble del ejemplo de la tabla 4.1, consiguiendo una reducción del 74% del tiempo de operación para el mismo incremento del tamaño de lote del ejemplo de la tabla 4.1.

Tiempo de preparación	Tamaño de lote	Tiempo de operación principal por pieza	Tiempo de operación	Ratio (%)	Ratio (%)
8 hrs	100	1 min	$1 \text{ min} + \frac{8 \times 60}{100} = 5.8 \text{ min}$	100	
8 hrs	1000	1 min	$1 \text{ min} + \frac{8 \times 60}{1000} = 1.48 \text{ min}$	26	100
8 hrs	10000	1 min	$1 \text{ min} + \frac{8 \times 60}{10000} = 1.048 \text{ min}$	18	71

Tabla 4.2 Efecto del tamaño de lote en tiempos de preparación largos

El resultado de lo anterior es un aumento substancial en la tasa de producción y en la capacidad de producción, como se puede observar en la tabla 4.3.

Tiempo de preparación	Tiempo de preparación ahorrado	Jornada laboral	días ahorrados
4 hrs	$4 \times 9 = 36$	8hrs	4.5
8hrs	$8 \times 9 = 72$	8hrs	9

Tabla 4.3 *Tiempo de preparación ahorrado por el incremento del tamaño de lote.*

Haciendo lo de 10 operaciones en una sola tenemos $10-1=9$, 9 operaciones de preparación ahorradas. De las tablas anteriores y considerando los procedimientos de preparación tradicionales es fácil entender porqué muchas empresas piensan que la producción en grandes lotes es el modo más fácil y efectivo de minimizar los efectos no deseados de la preparación.

Ventajas y desventajas de producir en grandes lotes

Acontinuación se presentan las ventajas y desventajas de la producción en grandes lotes:

Ventajas

- La relación entre el tiempo de preparación y el de la operación principal es más baja. Las horas hombre de operación aparentes se reducen.
- La combinación de operaciones de preparación reduce el número de éstas, incrementa la tasa de trabajo y la productividad proporcionalmente.
- La existencia de inventario facilita una carga de trabajo nivelada.

- Los Inventarios, sirven de colchón, amortiguando problemas cuando aparecen productos defectuosos o las máquinas se averían.
- Los inventarios pueden ser usados para responder a los pedidos urgentes.

Desventajas

- Las tasas de rotación de capital caen, aumentando las cargas financieras.
- Los inventarios por sí mismos no producen valor añadido, con lo cual el espacio físico que ocupan es desperdiciado totalmente.
- Almacenar inventarios requiere de estantes y otros equipos que incrementan los costos.
- Se necesita un mayor número de horas hombre de dirección para organizar el inventario.
- Se incrementan las horas hombre de manipulación de inventario.
- Los grandes lotes producen plazos de ejecución mayores incrementando las discrepancias respecto a la demanda, produciendo inventarios internos, piezas rechazadas y retrasos en nuevos pedidos por el incumplimiento de plazos.
- La calidad de los inventarios se deteriora con el tiempo.

Como resultado de las ventajas y las desventajas asociadas con la producción en grandes lotes tenemos que, como se muestra en la figura 4.2, se abaratan los costos asociados con los tiempos largos de preparación de máquinas, pero se elevan los costes relacionados con los inventarios.

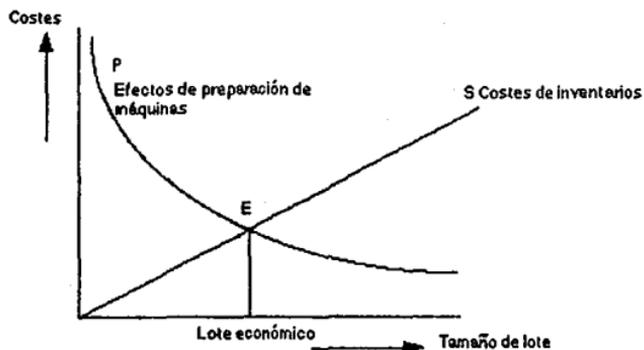


Figura 4.2 *Tamaño de lote económico.*

La curva que representa los efectos de la preparación (P), y la línea recta que representa la de los stocks (S) se cruzan en el punto (E) igual al tamaño económico del lote de producción.

En teoría, el concepto del lote económico de producción es correcto, sin embargo se sustenta en la hipótesis falsa de que las reducciones drásticas en los tiempos de preparación de máquinas son imposibles.

Si una preparación de cuatro horas se redujera a 3 minutos, con la adopción del SMED, incluso sin aumentar el tamaño del lote, la reducción en las horas de preparación y las de operación principal provocaría que los intentos de mitigar los efectos de tiempos de preparación con base en altos tamaños de lote, carecieran de valor. Ejemplo. El efecto del incremento al tamaño del lote en factor de 10, con un tiempo de preparación de 3 min, se muestra en la tabla 4.4.

TIEMPO DE PREPARACION	TAMAÑO DE LOTE	TIEMPO DE OPERACION PRINCIPAL POR PIEZA	TIEMPO DE OPERACION POR PIEZA	RELACION
3MIN	100	1MIN	$1\text{MIN} + 3/100 = 1.03\text{MIN}$	100
3MIN	1000	1MIN	$1\text{MIN} + 3/1000 = 1.003\text{MIN}$	97.37
3MIN	10000	1MIN	$1\text{MIN} + 3/10000 = 1.0003\text{MIN}$	97.11

Tabla 4.4 *Efecto del incremento del tamaño de lote para un tiempo de preparación de 3 min.*

La reducción de horas hombre será sólo del 3%, más aún, puesto que se combinan diez lotes, los ahorros en tiempo de preparación resultado de combinar los lotes serán:

$$3 \text{ min} \times (10-1) = 27 \text{ min}$$

Si hacemos un día laborable igual a 8 hrs. la reducción no es más que un 6% al día.

Además los stocks pueden mantenerse al mínimo, puesto que no habrá obstáculo para una producción de pequeños lotes, el concepto de lote económico ha desaparecido, o no tiene razón de ser. Además el SMED puede reducir sustancialmente el nivel de destreza requerido para las preparaciones con lo cual la necesidad de operarlos hábiles o expertos, para la misma, se ha eliminado de tal forma que cualquier trabajador puede realizar un cambio rápido y eficiente de útiles

4.1.1.2.El SMED o cambio de útiles en menos de diez minutos

La fabricación de productos en la actualidad plantea la problemática de tener una producción diversificada y de bajos volúmenes individuales, por lo que se requiere de un alto número de cambios de útiles y de preparaciones de máquinas.

Ni el número de los cambios de útiles, ni el de las preparaciones de las máquinas puede reducirse. Pero el tiempo necesario para los mismos puede acortarse radicalmente con la utilización de las técnicas del SMED, el SMED significa:

" SINGLE - MINUTE EXCHANGE DIE" = Cambios de útiles en menos de 10 minutos.

El SMED es mucho más que una cuestión de técnica, es un modo enteramente nuevo de pensar sobre la producción.

Utilizando el SMED en cualquier país se pueden obtener resultados positivos, cuando su teoría y técnicas se entienden y aplican apropiadamente.

Filosofía del SMED

Uno de los pasos más importantes para conseguir reducciones drásticas en los tiempos de preparación, es diferenciar la preparación interna, (la realizada cuando la máquina está parada), de la preparación externa, (la que se puede realizar cuando la máquina está funcionando).

El sistema SMED plantea las cuatro fases siguientes para conseguir reducciones drásticas en los tiempos de preparación.

0. Durante esta fase las preparaciones interna y externa no están separadas.

1. La preparación externa se separa claramente de la interna.

2. La preparación interna se transforma en externa.

3. Se mejora regularmente cada elemento de ambas.

En la figura 4.3 se pueden apreciar las cuatro fases que comprende el sistema SMED.

Se piensa generalmente que los procedimientos de preparación son muy variados, dependiendo de su tipo y del equipo empleado. Viéndola desde otro enfoque, tenemos que todas las operaciones comprenden una determinada secuencia y según la experiencia la distribución de tiempos. Estas secuencias son, como se aprecia en la tabla 4.5:

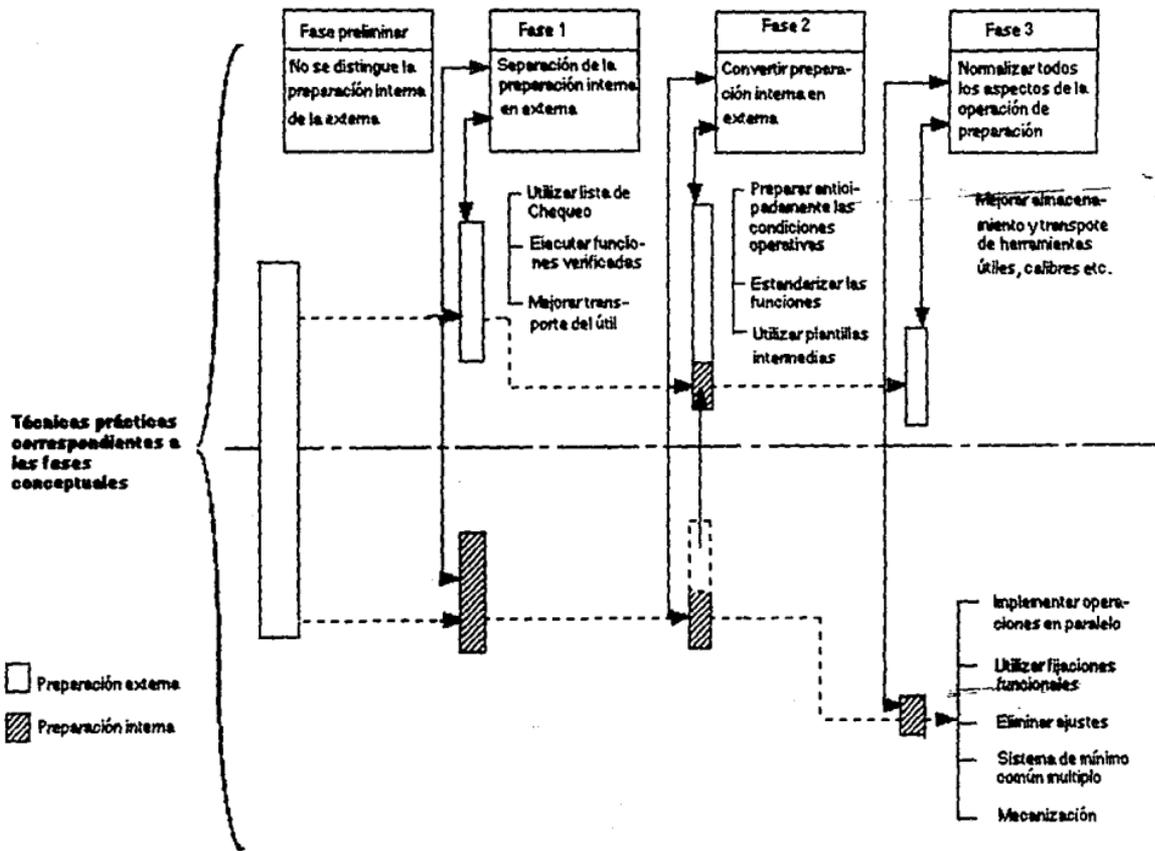


Figura 4.5 Fases conceptuales y técnicas prácticas del SMED

Generalmente se piensa que los procedimientos de preparación son muy variados, dependiendo del tipo de preparación y del equipo empleado, viendo la preparación desde un punto de vista diferente, tenemos que todas las operaciones comprenden una determinada secuencia y según la experiencia la distribución de tiempos según estas secuencias son, como se aprecia en la tabla 4.5:

OPERACION	%DE TIEMPO
1. Preparacion, ajustes post-proceso y verificación de materiales, herramientas, troqueles,plantillas.	30%
2. Montar y desmontar herramientas etc.	5%
3. Centrar, dimensionar y fijar otras condiciones	15%
4. Producción de piezas de ensayo y ajuste	50%

Tabla 4.5 *Tiempos en el Procedimiento de Preparación.*

El primer punto es asegurar que todos los componentes y herramientas estén donde deben y funcionando correctamente y después del proceso retirar, guardar y limpiar máquinas, etc.

En el segundo punto se realiza la retirada de piezas y herramientas después de concluido un lote y la colocación de piezas y herramientas para el siguiente lote.

En el tercer punto tenemos medidas y calibraciones necesarias para realizar las operaciones de producción, centrado, dimensionado y otros.

El cuarto punto son los ajustes necesarios tras realizar las piezas de prueba. Este último punto depende de los tres anteriores; es decir si los tres anteriores se realizan con precisión y facilidad, el último punto se puede eliminar o reducir.

Puesta en práctica del SMED

Etapa 0, etapa preliminar

Durante esta etapa no se diferencia la preparación interna de la externa, son comunes las siguientes actividades:

- Los productos terminados se transportan al almacén o el siguiente lote de materias primas se trae desde el almacén, después de terminar el lote anterior y con la máquina detenida.
- Por ejemplo, las cuchillas y matrices se entregan después de que la preparación interna ha comenzado, o se descubre una pieza defectuosa tras el montaje y pruebas.
- Calibres y plantillas se deben reemplazar porque no tienen la precisión necesaria y necesitan reparación. Los tornillos no aparecen, una tuerca se aprieta demasiado o no hay tacos de determinado espesor.

Como estos ejemplos tenemos otros donde los errores o falta de disponibilidad o verificación inadecuada del equipo produce retrasos.

Etapa 1. Separación de la preparación interna y externa.

- Esta se caracteriza por ser el paso más importante y por ende la condición fundamental para poder desarrollar un proceso SMED.
- Aquí se vislumbra la necesidad de un esfuerzo científico para tratar la mayor parte de las operaciones de preparación como externas, con esto se pueden reducir los tiempos de preparación interna entre 30 y 50%.
- Para conseguir la separación se emplea una lista de comprobación con todas las partes y pasos necesarios, por ejemplo.
 - a. Nombres
 - b. Especificaciones
 - c. Número de cuchillas, matrices etc.
 - d. Presión, temperatura y otras variables.
 - e. Valores numéricos de todas las medidas y dimensiones

Se debe realizar una doble comprobación, para asegurarnos de que no hay errores de operaciones, también se puede emplear una mesa de comprobación. Esta es una mesa sobre la que se realizan dibujos de todas las piezas y herramientas necesarias para la preparación. Las piezas se colocan sobre los dibujos respectivos y con un simple vistazo podemos cerciorarnos de la falta de alguna parte. Esto es una técnica de control visual muy efectiva, sin embargo no nos sirve para comprobar las condiciones de operación en sí mismas.

La lista de comprobación no dice si las funciones están en buen estado, por lo que durante la preparación externa, deben hacerse comprobaciones funcionales, ya que los fallos conducirían inevitablemente a retrasos en la preparación interna. Para evitar confusiones es importante tener una lista y una mesa de comprobación especial para cada máquina.

Etapa 2. Convertir la preparación interna en externa.

Esta etapa comprende los siguientes aspectos:

- a. Reevaluación para comprobar que no haya pasos que estén erróneamente evaluados como internos.
- b. Búsqueda de formas para convertir preparaciones internas en externas.

Lo anterior se puede hacer al examinar la verdadera función con nuevos puntos de vista, no influidos con viejas costumbres. Es necesario hacer un análisis anticipado de las condiciones de operación buscando convertir las de preparación internas en operaciones de preparación externas.

Un ejemplo: En una máquina de fundición los moldes fríos se fijan a la máquina y se calientan gradualmente hasta la temperatura adecuada de inyectado, así se obtiene la primer colada, lo cual produce piezas defectuosa. Convertir esta preparación interna en externa significaría precalentar el molde desde el principio para

tener buenas condiciones desde la primer colada ahorrando en el tiempo de calentamiento y en piezas de prueba.

Etapa 3. Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación.

Aunque el nivel de 10 minutos puede alcanzarse algunas veces simplemente convirtiendo la preparación interna en externa, no es así en la mayoría de los casos, por lo que hay que mejorar todas las operaciones de preparación en sí mismas para conseguir los menores tiempos posibles.

Las etapas 2 y 3 no necesariamente se aplican en ese orden, pueden ser simultáneas, se han separado para diferenciar el análisis de su realización.

Aplicaciones del SMED a las operaciones internas.

Aquí presentaremos las principales aplicaciones del SMED a las operaciones internas para disminuir el tiempo que requieren o para convertirlas en externas:

1. Operaciones en paralelo
2. Estandarización de funciones
3. Uso de plantillas intermedias
4. Utilización de anclajes funcionales

1. Operaciones en paralelo

Son operaciones que pueden hacerse al mismo tiempo en una máquina; si una sola persona las realiza, tarda mucho en movimientos, mientras que si se realizan simultáneamente (en paralelo) se reduce el tiempo de preparación.

- Las operaciones en paralelo necesitan más de una persona. Con dos operarios una operación que necesita 12 minutos, se puede hacer no en 6, sino en 4 minutos, gracias al ahorro en movimientos.

- El tema más importante cuando se realizan operaciones en paralelo es la seguridad, por lo que son necesarias señales entre los operarios para avisarse de los movimientos que realizan.

- Cada vez que un trabajador termina una operación debe avisar al otro y puede hacerlo mediante:

a. Gritos

b. Luces

c. Mecanismo de bloqueo.

- Una razón de los directores para no utilizar las operaciones en paralelo es el personal insuficiente. El problema se elimina utilizando el SMED, gracias a que sólo se requerirá la asistencia de otro operador por pocos minutos. Se puede hacer con trabajadores no especializados, mediante operaciones simples.

Aún cuando el número de horas hombre necesarias para que las operaciones de preparación no cambien, las operaciones en paralelo disminuirán el tiempo de preparación a la mitad.

Las operaciones en paralelo son un instrumento poderoso para disminuir el tiempo de preparación a menos de 10 minutos, al reducir los tiempos consumidos en movimientos para ir de un lado al otro de la máquina que se está preparando. A continuación en la tabla 4.6 presentamos un ejemplo.

Tarea	Tiempo (seg)	Trabajador 1	Trabajador 2	Zumbador
1	15	Descender comedera (hasta fondo punto muerto)	Prepararse a retirar pemos Traseros	
2	20	Retirar pemos de montaje del frente que aseguran útil superior	Retirar pemos de montaje traseros que aseguran útil superior	Si
3	30	Elevar comedera (hasta punto muerto superior)	Desconectar conmutador prensa	Si
4	20	Retirar vastagos montaje mesa	Preparar aflojar pemos de montaje que aseguran útil superior	
5	60	Mover soportes mesa	Aflojar pemos de montaje que aseguran útil inferior	
6	20	Enganchar cable para transporte útil mecánico	Enganchar cable para transportar útil mecánico	
7	20	Elevador	Mover útil mecánico para montaje	
8	30	Posicionar útil	Posicionar útil	
9	20	Apretar pemos frente que aseguran útil inferior	Asegurar pemos traseros que aseguran útil inferior	
10	50	Mover soporte		Si
11	30	Colocar vastagos en soportes	Mover grúa	
12	30	Poner comedera en punto muerto inferior	Ajustar recorrido comedera	Si
13	50	Apretar pemos de montaje frente que aseguran útil superior	Preparar apretar pemos traseros que aseguran útil superior	
14	20	Elevar comedera (hasta punto muerto superior)	Apretar pemos traseros que aseguran útil superior	Si
15	15	Verificar acción del útil prensa vacía	Verificar conmutadores y medidores. Fijar palanca prensa	Si
16	40	Insertar material y procesar	Verificar seguridad y calidad, etc	
	Tiempo total 470 seg	Problemas a observar: (1) Cables retorcidos, dañados, o rotos. (2) Movimientos verticales de los útiles mientras se intercambian. (3) Presencia de cualquier riesgo	Acciones a confirmar: (1) Apretado de pemos (2) Conmutador (on/of) (3) Montaje vastagos soportes (4) Medidores (5) Verificación calidad	OK Si

Tabla 4.6 Operaciones en paralelo.

2. Estandarización de funciones

Estandarizar tamaños y formas de todas las herramientas y partes de las máquinas ofrece ventajas, sin embargo en comparación con la estandarización de funciones la estandarización de formas es un proceso despilfarrador.

La estandarización de funciones quiere decir estandarizar sólo aquellas piezas cuyas funciones son necesarias desde el punto de vista de las operaciones de preparación, para lo cual se debe analizar y considerar una por una las operaciones (bloquear, centrar, dimensionar, soltar, amarrar), y se debe descomponer cada una en sus elementos básicos.

Es responsabilidad del ingeniero decidir cuáles operaciones han de ser estandarizadas y distinguir entre piezas a estandarizar y piezas que necesitan cambios.

Como ejemplo de la estandarización de funciones tenemos los juegos de matrices multipropósito. Estas se emplean con dos objetivos generales: fabricar piezas de diversas formas y para resistir cargas. Si estandarizamos la parte exterior de una matriz y la diseñamos para que se pueda insertar y retirar como un (cassette) se alcanzan tiempos de preparación del orden de 20 segundos. Lo anterior es apropiado con matrices de prensas pequeñas.

En la figura 4.4 se puede apreciar un ejemplo de estandarización de la altura de las matrices y de los bordes de anclaje.

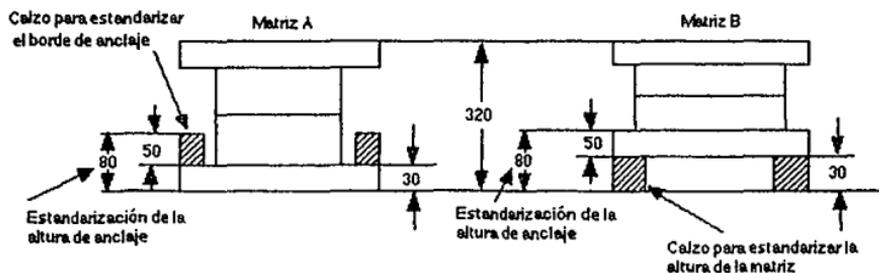


Figura 4.4 Estandarización de altura de matrices.

3. Uso de plantillas intermedias y plantillas de centrado

Plantillas intermedias se refieren a utilizar 2 plantillas estandarizadas, de tamaño y forma adecuados. Mientras se procesa la pieza unida a una de las plantillas, la siguiente se centra y monta en la otra plantilla como preparación externa. En la figura 4.5 se muestra un esquema de troqueles múltiples y plantillas intermedias.

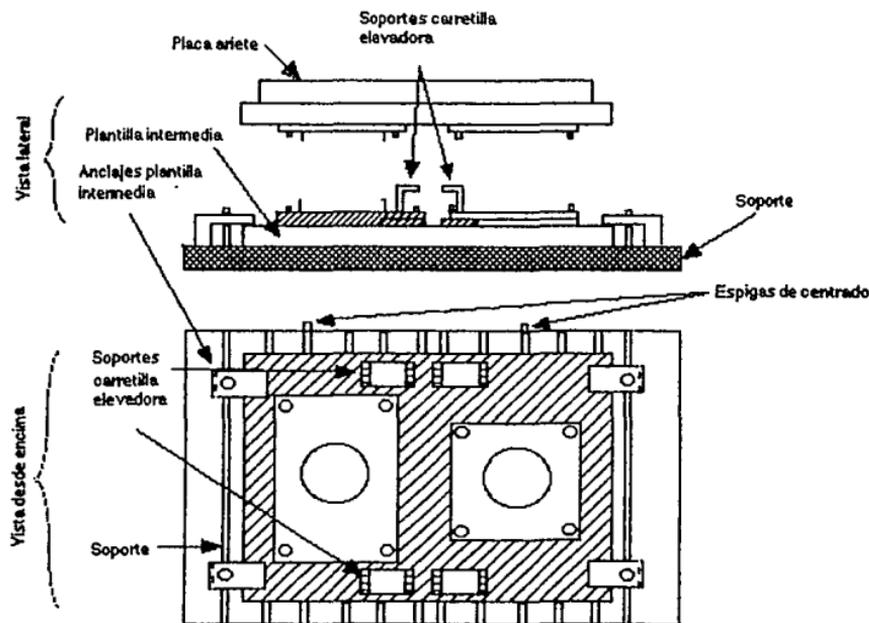


Figura 4.5 Plantillas intermedias.

Las plantillas de centrado permiten eliminar los ajustes dado que ponen a las plantillas en la posición centrada, gracias a su forma. En la figura 4.6 aparece una plantilla de centrado.

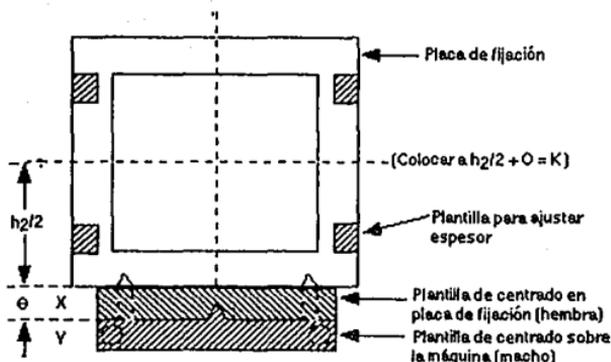


Figura 4.6 *Plantilla de centrado.*

4. Utilización de anclajes funcionales

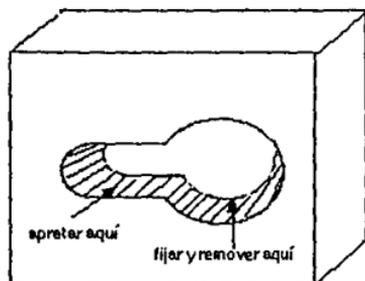
Un anclaje funcional es un dispositivo de sujeción que sirve para mantener objetos fijos en su sitio con un esfuerzo mínimo. El concepto de asegurar un objeto con único movimiento descansa tras una serie de dispositivos incluyendo:

- Topes y bridas
- Cuñas, clavijas cónicas y pasadores.
- Resortes.

Ejemplo: Una matriz o una prensa; se pasa un perno a través de un orificio en la matriz y se fija a la mesa de la prensa. Si la rosca tiene 15 hilos no se aprieta hasta el 15vo. hilo, en realidad es la última vuelta la que aprieta el perno y la primera la que lo suelta, las restantes son desfilfarro por lo que si su misión es sujetar o soltar, su longitud deberá determinarse de modo que sólo necesite una vuelta; el perno será, en ese caso, un anclaje funcional.

Principales métodos de anclajes funcionales

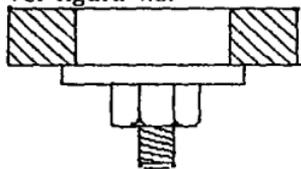
- Método de orificio en forma de pera. Es un método para que cada tuerca pueda soltarse con una vuelta. Ver figura 4.7.



d Método de agujero en forma de pera

Figura 4.7 Método de agujero en forma de pera.

- Método de arandelas en forma de "U". En vez de arandela completa donde se tiene que aflojar toda la cuerda y luego quitar, se utiliza una en forma de 'U' para que con aflojar una vuelta quede suelta. Ver figura 4.8.



b. Método de arandela en U

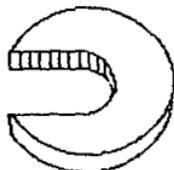


Figura 4.10 Método de arandela en forma de "U".

- Método de roscas acanaladas. Este método plantea:

1. Mecanizar ranuras a lo largo del perno que divide en 3 secciones.
2. Ranuras equivalentes en rosca, tuerca, macho.
3. Deslizar y alinear a posición final.
4. El perno se aprieta con 1/3 de vuelta

El área de fricción efectiva se mantiene a base de alargar la parte hembra. Ver figura 4.9.

e Método de tornillos acanalados

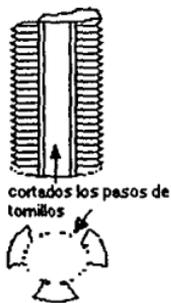
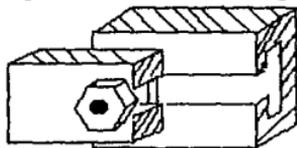


Figura 4.9 Método de roscas acanaladas.

- Método de ranura en forma de "U". Es válido si las piezas son de espesor uniforme. Ver figura 4.10.



g Método de ranura en U

Figura 4.10 Método de ranura en forma de "U".

- Método de la Brida. Se asegura apretando un perno sobre una brida que presiona a su vez sobre la matriz. Es útil si todas las partes son de espesor uniforme, si varían hay que estandarizar primero las partes a fijar.
- Magnetismo y sujeción por vacío. El magnetismo y el vacío son muy convenientes cuando toda la superficie de la pieza va a mecanizarse y no hay sitio para dispositivos de fijación. Si se usa este tipo de sujeción, se debe cuidar que las superficies sean suaves y no pueda filtrarse aire.
- Método de Interbloqueo. Tendemos a asumir que se necesita alguna clase de aparato de fijación cuando un objeto debe asegurarse, en muchos casos simplemente basta con encajar y unir dos partes juntamente. Ver figura 4.11.

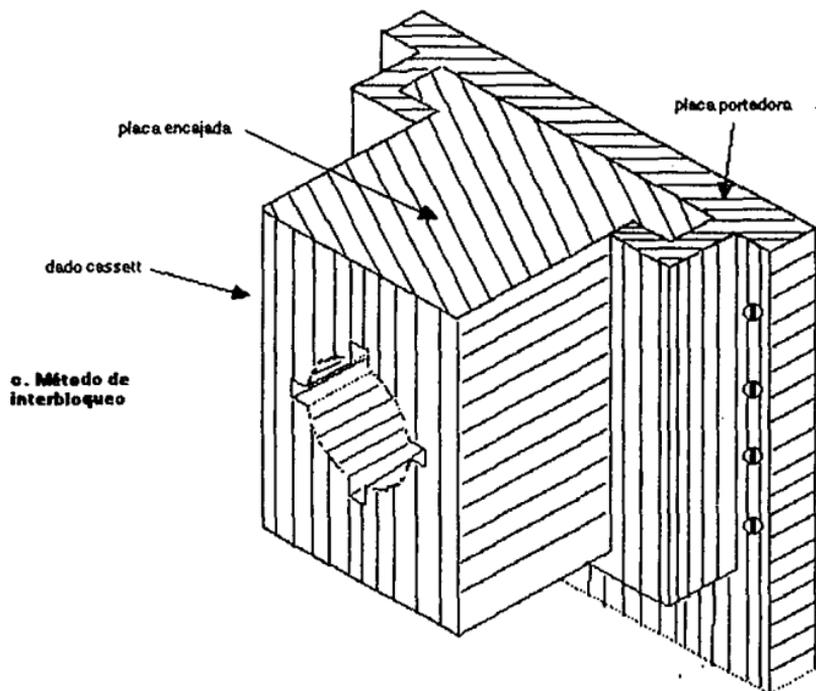


Figura 4.11 Método de interbloqueo.

No se debería asumir que los tornillos son necesarios cada vez que algo tiene que asegurarse. Es extremadamente importante analizar las funciones básicas e idear el método de aseguramiento menos costoso y difícil. Muchos métodos efectivos de aseguramiento pueden encontrarse si se consideran las direcciones en las cuales se necesitan las fuerzas, así como la magnitud de las mismas en cada dirección.

En resumen, se pueden conseguir mejoras efectivas estudiando las funciones actuales del anclaje en vez de asumir que los anclajes roscados son necesarios para todo.

Eliminación de ajustes

Los ajustes y operaciones de prueba suponen normalmente hasta un 50% del tiempo de preparación. Eliminarlos significa grandes ahorros.

Los ajustes y operaciones de prueba son necesarios por causa de centrados, dimensionado, imprecisos, etc., actividades típicas del principio de la operación interna. Es importante reconocer que los ajustes no son una operación independiente. Para eliminarlos, debemos retroceder un paso y mejorar los estados iniciales de la preparación interna.

Eliminar ajustes requiere, sobre todo, abandonar la confianza en la intuición al preparar máquinas para la producción

El paso inicial para eliminar los ajustes es hacer calibraciones..

Aunque las escalas graduadas tienen un impacto positivo, en sí mismas, no eliminan completamente el ajuste. Sin embargo el uso de escalas graduadas llevará a mejoras significativas.

Las lecturas visuales de calibración proporcionan generalmente, precisiones hasta 0.5mm. Cuando se requiere mayor precisión, los calibres permiten mejorarla en un orden de una magnitud.

Instalar un indicador de dial hace posible tomar lecturas del orden de una centésima de milímetro, lecturas incluso mayores son posibles con dispositivos de control numérico. El uso de métodos digitales es también satisfactorio al respecto.

Cuando las mediciones requieren valores numéricos fijos, se pueden utilizar calibres para posicionamientos extremadamente rápidos en dimensionados y centrados.

El Sistema de mínimo común múltiplo

Es una técnica para eliminar ajustes, basado en un concepto aritmético simple. El nombre se refiere al concepto de disponer de un número de mecanismos equivalentes al mínimo común múltiplo de las condiciones operativas, con lo que los trabajadores realizan sólo las funciones necesarias para una operación determinada, aumentando la velocidad. El slogan es " Deja el mecanismo quieto y modifica sólo la función ".

Conviene recordar que el mecanismo del mínimo común múltiplo se basa en los siguientes dos principios fundamentales:

- Hacer montajes, no ajustar.
- Cambiar sólo las funciones, mantener los mecanismos como están.

La figura 4.12 muestra un ejemplo de la técnica de mínimo común múltiplo.

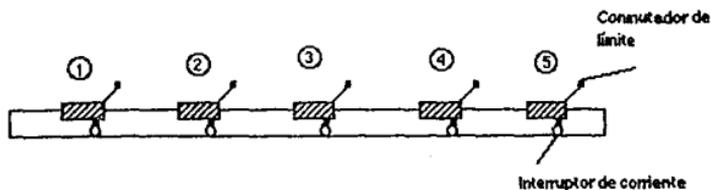


Figura 4.12 Técnica del mínimo común múltiplo.

Cuando en una preparación, no son visibles líneas de centrado o planos de referencia y estos se encuentran a base de pruebas y correcciones de errores, lo cual es un proceso largo y costoso, se debe recordar que hay técnicas que permiten aliviar el problema.

La distinción entre posicionamiento y ajuste no es completamente apreciada en la mayoría de las fábricas. Hay muchas personas que tienen la impresión de que los ajustes son un mal necesario en los procedimientos de preparación. Debemos reconocer claramente que el posicionado y los ajustes son funciones completamente diferentes. Nuestra meta debe ser diseñar mediciones basadas en posicionados, no en ajustes. Una aproximación altamente efectiva es sustituir las líneas y planos imaginarios por líneas centrales y planos de referencia visibles. Esta aproximación es aplicable a prensas, taladros, fresadoras y otras máquinas herramientas.

Mejoras de transporte de útiles y de otras piezas

Las partes han de transportarse desde al almacén hasta las máquinas y deben de ser devueltas también al almacén una vez terminado un lote. Lo anterior debe realizarse como procedimiento externo por el propio operador mientras la máquina funciona automáticamente o bien por un empleado asignado al transporte. Los operadores normalmente tienen la tendencia a verse distraídos por pequeñas ineficiencias, sin descubrir las grandes, por eso es necesario que los responsables de línea asimilen el proceso de la preparación interna y externa.

4.1.1.3.1.a Mecanización, automatización y pre-automatización en las operaciones.

La mecanización es el reemplazamiento del efecto de la mano humana por medios mecánicos.

La automatización se entiende como la habilidad de la máquina o equipo para detectar anomalías y corregirlas.

La pre-automatización o autonomatización está un paso antes de la automatización ya que, detecta anomalías, pero son corregidas manualmente. La pre-automatización no es una técnica sofisticada, es fácil de implantar y económica. Si la detección de anomalías se realiza identificando las causas (Como en las inspecciones en la fuente) los beneficios se multiplican.

Durante la primer fase de la preautomatización es común la parada frecuente de las máquinas, sin embargo debemos de insistir en ella. En esta fase las paradas de las máquinas son atribuibles a problemas de:

- La interfase entre las máquinas y los mecanismos de descarga de los productos.
- La interfase entre las máquinas y los mecanismos de transporte entre máquinas.
- La transición de una operación a otra.

La mecanización se debe considerar sólo tras haber intentado mejorar la preparación utilizando todos los métodos descritos hasta ahora; ésta puede reducir aún más el tiempo de preparación.

Es fundamental evitar el error de pasar directamente a la mecanización. Mecanizar preparaciones ineficientes proporciona reducciones de tiempo, pero hará muy poco para remediar los defectos básicos de una preparación mal diseñada.

4.1.2. Mejora de las operaciones repetidas en cada producto

Dentro de las operaciones repetidas en cada producto podemos encontrar aquellas que son principales y las que son incidentales.

Las principales se refieren, por ejemplo el corte, mientras las incidentales se refieren a aquéllas que no son principales como posicionar piezas, traslado, ajuste, apretar botones, etc. Como hemos comentado en capítulos anteriores los esfuerzos pasados de mejora se han centrado en estos aspectos por lo que no se estudiarán en este trabajo.

4.2. Mejora de las operaciones que ocurren irregularmente

4.2.1. Mejora de tolerancias personales.

Hay dos tipos de tolerancias con una base fisiológica: por fatiga y por higiene personal.

4.2.1.1. Mejora de tolerancias por fatiga

El enfoque tradicional se ha centrado en permitir una cantidad apropiada de tiempo para reponerse de la fatiga. Una mejora de mayor nivel es eliminar la fatiga mental y física de los trabajadores promoviendo la mecanización y la automatización, la mejora de entornos interior y exterior de la planta, y el mantenimiento de calefacción o refrigeración, iluminación, ventilación, control de ruido o polvo, son elementos que presentan oportunidades de mejora.

4.2.1.2. Mejora de tolerancias por higiene personal

Se otorgan usualmente tolerancias de higiene personal para beber agua, necesidades fisiológicas, ducharse, etc. Por supuesto se deben proveer instalaciones que las satisfagan, pero también interesa

atender causas que crean otras necesidades, por ello es importante promover campañas de buena alimentación y limpieza.

4.2.2. Tolerancias operativas

Estas se prevén para asuntos como lubricar máquinas, retirar virutas y recortes, etc. Las tolerancias operativas se mejoran evitando la asignación de trabajadores especiales para estas tareas, y trasladándolas al operador de la máquina o usando procesos que no produzcan virutas ni recortes.

4.2.3. Tolerancias del área de trabajo.

Las tolerancias de área de trabajo se refieren a las debidas por averías de equipo y pueden mejorarse, por ejemplo, realizando el mantenimiento total productivo.

Las actividades del mantenimiento total productivo se planean para evitar la seis principales razones de pérdidas de producción:

- Descomposturas
- Tiempos de preparación y ajuste
- Funcionamiento en neutro y paradas menores
- Reducciones de velocidad
- Generación de defectos
- Retrasos de producción

La mayoría de los programas de mantenimiento total productivo comienzan con el objetivo de eliminar las descomposturas. Lo anterior se obtiene con las siguientes actividades:

1. Mantenimiento de las condiciones básicas de los equipos: limpieza, apretados, y lubricación.

2. Mantenimiento de las condiciones de operación: preparar y operar dentro de estándares.
3. Restaurar el deterioro: detectar y predecir deterioro, establecer métodos de reparación.
4. Corregir debilidades de diseño: mejorar la potencia y resistencia al esfuerzo, carga y condiciones ambientales.
5. Mejorar las habilidades de operación y mantenimiento: prevenir errores de reparación.

Para conseguir las metas del mantenimiento total productivo un programa demanda la participación de todos los que impactan o son impactados por los equipos de producción. Debe ser un equipo que incluya gente de ventas, mantenimiento, procesos, diseño, supervisión y los más importantes los trabajadores de línea. Los equipos de trabajo son la herramienta que más actividades de mejora han construido con éxito.

La llave para el mantenimiento total productivo, es el mantenimiento preventivo regular programado. La directa implementación de éste debería ser considerada seriamente por el supervisor, ya que puede tener mayores impactos. El primer paso para el supervisor es recolectar un historial de los problemas encontrados en las piezas críticas de los equipos. Esto se hace mediante la recopilación de datos y preguntando al personal del departamento de mantenimiento, operadores de máquina, y proveedores. A falta de datos históricos, se puede preguntar al departamento de mantenimiento. El personal del proveedor del equipo puede ser una buena fuente de información.

El impacto más importante en el mantenimiento total productivo se consigue con la participación del operador que maneja la máquina, porque sabrá más del equipo que ningún otro. Los operadores conocen las capacidades de sus máquinas y se deben utilizar sus conocimientos y experiencias para determinar si ese equipo hará productos de alta calidad. Los trabajadores con capacitación del

departamento de mantenimiento son los más indicados para realizar mantenimiento diario, reparaciones menores y ayudar en el procedimiento de reparaciones mayores.

Otro paso importante es un programa de preparación de personal dirigido a evitar el paro de un equipo u operación por la ausencia de su operador. Para eso se entrenará a un determinado número de empleados en cada posición (dependiendo del número de las operaciones y su complejidad), de tal forma que se cubra casi cualquier circunstancia. Los operadores deberán ser refrescados en su operación secundaria una vez por semana o por mes.

Pilares del mantenimiento total productivo.

Los pilares del mantenimiento total productivo son:

1. Mantenimiento autónomo.
2. Aplicación del Kaizen en el área de trabajo.
3. Evitar tiempos muertos.
4. Mantenimiento planeado.
5. Mantenimiento preventivo.
6. Educación del mantenimiento total productivo.

A continuación se hace una breve descripción de cada uno de estos pilares.

Mantenimiento autónomo.

Es el realizado por el propio operador de la máquina. Aquí las funciones del operador son:

- a. Dar mantenimiento básico de limpieza, lubricación, apretados y calibrados a su equipo y área de trabajo.
- b. Mantener condiciones apropiadas de acuerdo con los estándares.
- c. Arreglar problemas menores.
- d. Habilidades a nivel básico de cambios, instalaciones, y ajustes.
- e. Proveer datos para identificar las fallas en los equipos.

Es importante mencionar que ningún sistema de mantenimiento preventivo funciona sin un buen método de recopilación de datos y la participación del operador.

La implementación del mantenimiento autónomo requiere los siguientes pasos:

1. Limpieza inicial con campaña "5S".

Inicio del programa de mantenimiento autónomo con la aplicación de la campaña "5S". Es de vital importancia para el éxito que la gerencia y el staff muestren compromiso con el programa de mantenimiento total productivo.

Campaña 5S

Una de las principales causas de desperdicio de tiempo es el desorden, además, la suciedad es causa importante de descomposturas de maquinaria, así como de pérdida de motivación por la realización de un buen trabajo, por lo tanto la campaña "5S" ataca directamente el desorden y busca la limpieza.

La campaña 5S consta de las siguientes etapas:

1. Separar/ Desechar. Separar lo necesario de lo innecesario y eliminar lo innecesario.
2. Ordenar. Las cosas necesarias se ordenan para que sean de fácil acceso y estén listas para su uso cuando sean necesarias.
3. Limpiar. Limpiar todo herramientas, lugar de trabajo, manchas, desechos erradicando la fuente.
4. Extender. Hacer hábito de orden y limpieza, empezando con la propia persona.

5. Estandarizar. Estandarizar los cuatro pasos anteriores para hacer un proceso que nunca termina y que puede irse mejorando. Incluye la disciplina para mantener el estándar.

2. Determinar las fuentes de las fallas de las máquinas.

Para determinar las causas de las fallas se utiliza la herramienta "5 ¿por qué?". Aquí es importante la modificación del equipo para facilitar la revisión y para eliminar las fuentes de suciedad y contaminación.

3. Establecer estándares.

El establecimiento de estándares permitirá concretar las mejoras logradas. La estandarización se debe hacer a las operaciones de limpieza y de chequeo realizadas por el operador, a los puntos que debe chequear y a la acción que debe tomar ante las situaciones encontradas.

Se debe establecer o crear una hoja de chequeo de acuerdo con las necesidades del equipo.

4. Entrenar a los operadores en las funciones y parámetros claves de la operación.

Comprende entrenar a los líderes y supervisores de línea, en aspectos de hidráulica, presión, electricidad y electrónica, lubricación y mecánica. Crear lecciones de un punto para que los líderes puedan esparcir los conceptos a la gente de línea.

5. Establecer estándares para la verificación de los parámetros claves de operación.

Aquí se deben establecer estándares para el chequeo rutinario dentro de las máquinas y la supervisión del mismo.

6. Identificar si las refacciones y herramientas básicas están disponibles.

Este punto busca mejorar las actividades de suministro de refacciones, herramientas y materiales, creando un almacén de refacciones y herramientas básicas en la línea.

7. Hacer valoración de los seis pasos anteriores y repetir el ciclo de mejoras.

Se valoran los resultados de cada proceso y se reinicia el ciclo buscando nuevas mejoras.

2. La aplicación del kaizen en el área de trabajo

Incluye conducir juntas de equipos kaizen cada semana, en donde se revisan los gráficos de control de la producción, diagramas de pareto de tiempos muertos. Se definen métodos para el seguimiento de problemas y de causas raíz. Identificar causas raíz y eliminación de las mismas.

3. El evitar tiempos muertos.

Esto es muy importante. Primero identificar los tiempos muertos y después seguir estos pasos:

1. Identificar las causas raíz de los tiempos muertos.

Para esto se analizan los diagramas de pareto de los tiempos muertos, las gráficas de control de la producción y en general se utilizan las siete herramientas, es decir:

1. Diagramas de Pareto.

Estos diagramas clasifican los problemas de acuerdo con la causa y los fenómenos. Los problemas son diagramados de acuerdo a la prioridad del mismo, usando formatos de gráficas de barras, indicando el 100% del total de la pérdida.

2. Diagramas Causa-efecto.

Estos diagramas son utilizados para analizar las características de un proceso o situación y los factores que contribuyen a ellos. Los diagramas causa-efecto también son llamados diagramas de esqueleto de pescado.

3. Histogramas.

Las frecuencias obtenidas de mediciones que se distribuyen al rededor de un valor máximo. La variación de calidad es llamada distribución, y la figura que ilustra la frecuencia en forma de un polo se denomina histograma. Esta es usada frecuentemente para determinar problemas checando la forma de dispersión, el valor central, y la naturaleza de la dispersión.

4. Gráficas de Control

Hay dos tipos de variaciones: las inevitables, que ocurren bajo condiciones normales y aquellas que pueden asignarse una causa. Las últimas se denominan anormales. Las gráficas de control sirven para determinar las tendencias con la ayuda de gráficas de líneas. Estas gráficas difieren de las gráficas estándar por que tienen líneas que determinan los límites de control, en los niveles centrales, superior e inferior. Datos de muestras son dibujados en las gráficas para determinar o evaluar el proceso.

5. Gráficas de Dispersión

Dos piezas de datos correspondientes se ponen en una gráfica de dispersión. La relación entre los puntos de la gráfica ilustra la relación entre los datos correspondientes.

6. Gráficas

Hay una gran cantidad de gráficas empleadas, dependiendo de la forma deseada y del propósito del análisis. Gráficas de barras

comparan valores con barras paralelas, mientras que gráficas lineales son utilizadas para mostrar variaciones en un período de tiempo.

7. Checksheets. Estos son diseñados para tabular los resultados a través de una rutina de chequeo de la situación.

Identificados los elementos de causa raíz hay que preguntar ¿por qué? cinco veces para encontrar aquélla.

2. Eliminar las causas raíz que producen tiempos muertos.

Identificadas las causas raíz, reemplazar las partes defectuosas y/o desgastadas eliminando la causa raíz.

3. Estandarizar los procedimientos para evitar la recurrencia de tiempos muertos.

En este punto se deben escribir los requerimientos de técnicas de reparación; se determina la frecuencia de reparación y se dan instrucciones de mantenimiento preventivo, para evitar recurrencias.

4. El mantenimiento planeado.

Es una responsabilidad del departamento de mantenimiento, en la cual debe realizar un ajuste y reparación de las máquinas para regresarlas al estado inicial. Para lo anterior se debe tener un sistema de retroalimentación e información.

En cada departamento debe existir un tablero de mantenimiento planeado que indique las operaciones de mantenimiento que hará el departamento correspondiente y las que va a realizar el operador de la máquina.

El departamento de mantenimiento tendrá un control de refacciones necesarias y debe hacer un análisis de lubricación y de vibraciones.

5. El mantenimiento preventivo.

Es común escuchar en las empresas que se debe posponer el mantenimiento preventivo, porque se necesita tiempo de producción. El resultado es que el equipo se descompone o se produce alta variabilidad de los productos y entonces no se alcanza el objetivo de producción.

Lo mejor es reducir el tiempo de proceso necesario para dar mantenimiento preventivo.

En un plan de mantenimiento preventivo deben definirse las actividades que se realizarán, quién las hará, con qué herramientas, cómo y cuándo las efectuará.

6. La educación del mantenimiento total productivo.

Se realiza mediante las semanas de mejoras de mantenimiento total preventivo, donde se explican sus conceptos, se capacita en el uso de herramientas como las campañas "5S" y se realizan las mismas. Se da capacitación a los líderes en puntos básicos de hidráulica, presión, electricidad, electrónica, lubricación y mecánica y éstos las transmiten a la gente de línea mediante lecciones de un punto.

Las lecciones de un punto son:

- Entrenamiento de un tema técnico particular.
- Se dan dentro de la planta con material diseñado en la misma.
- La lectura de éstos toma cinco minutos y es impartida por el supervisor o la persona que las diseñó.

Capítulo 5

5. Aspectos complementarios para la mejora de la producción.

La fuerza de trabajo es de vital importancia en cualquier tipo de sistema de producción, tanto en la producción en masa como en la esbelta. En este capítulo se marcan las diferencias entre una y otra y los resultados y actitudes de una respecto de la otra.

Otros aspectos importantes son el sistema de proveeduría y el diseño de productos. Dada su influencia, se abordarán en este capítulo para completar el panorama de mejoras en una empresa.

5.1. Mejora de la fuerza de trabajo

En una empresa el motor de la misma es su fuerza de trabajo, y de ésta dependen los resultados. Aún si existiera el sistema de producción perfecta, si la fuerza de trabajo no pusiera nada de su parte no habría buenos resultados.

Así como hay diferencias entre las técnicas y la filosofía del sistema de producción japonés y el de producción en masa, así también hay diferencias en la actitud tomada por la fuerza de trabajo encargada de hacer funcionar el sistema de producción japonés y el sistema de producción en masa. Esas diferencias se analizarán a continuación en aspectos como: contenido y rotación de puestos, capacitación, participación en actividades de mejora y sindicatos.

5.1.1. Contenido del puesto y rotación de puestos

Gracias a la división del trabajo de principios del siglo se consiguieron grandes avances en eficiencia y productividad. Sin embargo la excesiva división del trabajo en la actualidad, se ha convertido en un lastre para las empresas que utilizan la producción en masa, pues los trabajadores no aceptan realizar otra actividad que no sea aquella para la que fueron contratados.

En Japón los trabajadores son muy flexibles y están capacitados para operar una gran cantidad de máquinas; por ejemplo una persona puede hacerse cargo de 10 o más máquinas, gracias a la automatización que reduce su trabajo a nivel de resolución de problemas; además los trabajadores realizan actividades de mantenimiento menor diariamente de acuerdo con el programa de mantenimiento total productivo, con el que se reducen los tiempos muertos por reparaciones y ajustes; se encargan de checar la calidad de los productos mediante chequeos sucesivos y autochequeos, y también se encargan de realizar los cambios de útiles en menos de 10 minutos gracias a la técnica del SMED, incluso consiguen mejoras de actividades Kaizen.

5.1.2. Rotación de personal

En las empresas occidentales hay una gran rotación de personal debido a que la fuerza de trabajo se considera como un costo variable, donde se contrata más personal en épocas de altas ventas y se despide en épocas de ventas bajas.

Las empresas japonesas, en cambio, consideran a la fuerza de trabajo un costo fijo y ofrecen a su personal un empleo de por vida sin importar los niveles de ventas, a cambio los trabajadores se comprometen a conseguir mejoras y ofrecen una completa dedicación.

Como resultado de la actitud de las empresas con sistemas de producción en masa, tenemos que los trabajadores occidentales están insatisfechos y no consiguen mejoras, ya que aún cuando ellos lograran un mejor puesto o remuneración sus amigos serían despedidos. En el caso japonés, como sus trabajos están asegurados los trabajadores pueden actuar libremente en la consecución de mejoras.

5.1.3 Capacitación

Los trabajadores occidentales son capacitados en actividades que los especializan, sin embargo no se invierte en ellos mucho debido a que se consideran un costo variable.

Los empleados japoneses son capacitados amplia y constantemente en áreas como la filosofía Kaizen, el justo a tiempo, el SMED, y el manejo de varias máquinas.

5.1.4 Participación

En occidente los empleados están menos interesados por participar en equipos de trabajo y actividades de mejora debido a que se les considera un costo variable y no tienen una seguridad de empleo, además están tan especializados y centrados en su función que no tienen una visión amplia que les permita buscar soluciones globales. Cuando participan en equipos de trabajo para conseguir mejoras no son muy eficaces, ya que si tienen buenos o malos resultados no afectarán su carrera, porque los caminos de escalamiento profesional se encuentran dentro de su especialidad.

En Japón hay una gran participación en los equipos de trabajo y se consiguen buenos resultados, gracias a que las mejoras logradas en ellos son muy valoradas y tienen repercusión en la carrera de los trabajadores. En ese país los equipos de trabajo tienen tanta importancia que ser líder es un puesto de reconocimiento e incluso de poder.

5.1.5 Sindicatos

Las relaciones de las empresas occidentales con los sindicatos son muy difíciles porque tienen que negociar con varios y cada uno es poderoso, por lo que se presentan casos como el de que un operador de torno no asee su área de trabajo argumentando que no se le contrató para ello.

En Japón las relaciones con los sindicatos son buenas gracias a que hay un compromiso de las empresas por pagar buenos salarios y ofrecer empleos seguros, y por su parte los sindicatos promueven entre sus agremiados actitudes de participación y de mejora.

5.2. Mejora de la proveeduría

Los líderes japoneses en producción esbelta seleccionan menos de 300 proveedores en cada proyecto (comparado con los mil a dos mil quinientos que utilizan los productores occidentales). Es fácil seleccionar a los proveedores japoneses porque típicamente son los mismos para la misma parte del modelo anterior y son miembros de largo plazo del grupo de proveedores del ensamblador. No son seleccionados por licitaciones sino por las relaciones pasadas y por un probado récord de desempeño.

Una diferencia más es que los proveedores que utilizan los productores esbeltos deben hacer componentes completos, en cambio los productores occidentales deben lidiar con 25 proveedores que entregan las partes para completar un componente.

Al proveedor anterior se le conoce como "first-tier supplier" y éstos a su vez tienen otros grupos de "second-tier suppliers" compañías independientes que entregan a su vez partes o sub-conjuntos completos y así sucesivamente formando una pirámide.

En el caso de la industria automotriz el "first-tier supplier" de un programa de desarrollo asigna miembros del staff (llamados ingenieros de diseño residentes) al equipo de desarrollo del fabricante, poco después de que éste inicia y dos o tres años antes de que principie la producción. El plan del producto es completado con una retroalimentación continua de ingenieros de empresas proveedoras, de distintas partes del auto. El "first-tier supplier", tiene responsabilidad total de diseñar y fabricar sistemas de componentes que funcionen de acuerdo con las especificaciones del

auto terminado. El "first-tier supplier" con su propio equipo de desarrollo, y con la ayuda de Ingenieros de diseño residentes de la empresa ensambladora y la "second-tier supplier" conducen un diseño detallado del componente completo.

El ensamblador esbelto no delega a los proveedores el diseño de partes que se consideran vitales para el éxito del auto, de mantener tecnología o la percepción del consumidor. Algunos ejemplos de partes que no se delegan son: motores, transmisiones y los sistemas electrónicos que coordinan las actividades en muchos vehículos.

Aún cuando el ensamblador queda totalmente dependiente de un solo proveedor, tiene mucho cuidado en aprender acerca de la producción, costos y calidad de aquél. La razón para que funcione un sistema que intercambia información tan sensitiva se encuentra sólo en que existe un acuerdo racional para determinar costos, precios y utilidades. Este acuerdo hace que las dos partes quieran trabajar juntos para obtener beneficio mutuo en vez de verse el uno al otro con sospecha.

Casi toda relación entre proveedor y ensamblador se conduce en el contexto de un llamado "contrato básico", que es una simple expresión del acuerdo de largo plazo de trabajar juntos. Sin embargo, también se establecen reglas para determinar precios así como calidad y entregas.

En el corazón de la proveeduría esbelta encontramos una forma diferente de establecer precios y analizarlos conjuntamente. Primero, el productor esbelto establece un precio objetivo para el auto o camioneta y entonces, con los proveedores va hacia atrás para hacer lo necesario de tal forma que el vehículo pueda fabricarse al precio establecido mientras se obtiene una utilidad satisfactoria para ensamblador y proveedor. En otras palabras, es un "market price minus" en vez de un "supplier cost plus".

Para conseguir este precio objetivo, el ensamblador y el proveedor usan técnicas de "Ingeniería de valor" para abatir los costos de cada estación de producción, identificando cada factor que puede reducir

el costo de las partes. Una vez que la "ingeniería de valor" es completada, el "first-tier supplier" designado para diseñar y hacer cada componente entra en una negociación con el ensamblador, no negociando el precio sino, como conseguir el precio objetivo manteniendo una utilidad razonable para el proveedor.

Una vez que la parte está en producción esbelta, se utiliza una técnica llamada "Análisis de valor", para conseguir futuras reducciones de costos. Esta técnica continúa todo el tiempo que la parte sea producida, y sirve para analizar el costo de cada etapa de producción en detalle, de tal forma que las etapas críticas puedan ser identificadas y objeto de futuros trabajos para reducir más su costo. Estos ahorros pueden conseguirse por mejoras incrementales, o kaizen, la introducción de una herramienta o el rediseño de la parte.

Por supuesto todos los productores, en masa y esbeltos, tratan de analizar costos, pero los esbeltos lo hacen más fácil y con mayor éxito, ya que los tiempos de preparación han sido reducidos en ocasiones sólo a algunos minutos y las corridas de producción son frecuentes, cortas e ininterrumpidas, los estimadores de costos no tienen que esperar días o semanas los promedios de desempeño de varias corridas de producción. Estos pueden recolectar rápidamente la información precisa y representativa, que además puede ser delegada a los propios operadores. Esto permite elaborar análisis completos de costos varias veces al año y monitorear los progresos en reducción de los mismos.

Obviamente, en el método de trabajo esbelto, el proveedor debe compartir una parte substancial de su propia información acerca de costos y técnicas de producción con el ensamblador. El ensamblador y el proveedor analizan cada detalle del proceso de producción del ensamblador buscando formas para reducir costos e incrementar la calidad. Por contraparte el ensamblador debe respetar la necesidad del proveedor de contar con una utilidad razonable.

Como las mejoras en productores esbeltos son mucho más rápidas, sus curvas de aprendizaje también deben ser más empinadas. Lo

anterior es gracias a las mejoras incrementales (Kaizen) en el proceso de producción con lo cual consiguen reducciones de costos más rápido.

Un segundo aspecto de la proveeduría en la producción esbelta es la declinación de precios durante la vida del modelo. Mientras los productores en masa asumen que los proveedores venden en el inicio abajo del costo y esperan recuperar sus inversiones incrementando los precios año tras año, los productores esbeltos asumen que el precio por los primeros años de producción es una razonable estimación de los costos del proveedor más una utilidad. El ensamblador también conoce bien la "curva de aprendizaje" que existe para producir prácticamente cualquier pieza. De tal forma que reconocen que los costos deben bajar en los años subsecuentes, aún cuando las materias primas se incrementen un poco.

A través de mutua discusión y negociación, el ensamblador y el proveedor acuerdan una curva de reducción de costos durante los cuatro años de vida del producto, con el convenio de que cualquier ahorro extra será para el proveedor.

Una vez que el componente es diseñado y la producción inicia, diferencias adicionales aparecen entre los productores esbeltos y en masa. En el caso del productor esbelto hay pocos cambios por la simple razón de que el nuevo auto o camioneta tiende a trabajar en la forma en que se suponía, mientras que en el caso del productor en masa hay una gran cantidad de cambios.

Otra importante diferencia es la forma en que los componentes son entregados a los ensambladores. Ahora es casi universal en las mejores compañías esbeltas entregar componentes directamente a la línea de ensamble, frecuentemente cada hora, ciertamente varias veces al día, sin inspección de las partes recibidas. Esto es mantenido con el sistema justo a tiempo.

La producción esbelta se caracteriza por su extraordinaria flexibilidad, permitiendo cambios de modelos con sólo unas horas de aviso. Sin embargo el sistema de producción esbelta es

extremadamente sensible a los cambios de la demanda total, porque las mismas planean sus utilidades con base en un nivel de negocio, además que estas empresas no pueden despedir a sus empleados, ya que los consideran un costo fijo.

De tal forma que Toyota y otros practicantes de la producción esbelta trabajan arduamente en lo que en Japón se conoce como "heijunka" o producción uniforme en donde el volumen total de autos fabricados es mantenido lo más constantemente posible.

Los japoneses tienen otro motivo para practicar "heijunka": quieren asegurar un nivel estable de negocio para sus proveedores. En esa forma sus proveedores pueden utilizar empleados y maquinaria más eficientemente que en el Occidente, donde son presionados con cambios constantes en volumen y mezclas con avisos de pocas horas.

En Japón, los ensambladores dan a los proveedores por adelantado los cambios en volumen. Si los cambios parecen persistir, el ensamblador trabaja conjuntamente con el proveedor para buscar otro negocio. Los proveedores son considerados una extensión de la empresa, se consideran costos fijos, de forma similar a los empleados del ensamblador.

Incluso el mejor sistema de proveeduría ocasionalmente falla, aún para los mejores productores esbeltos el cero defectos es más una meta que una realidad. Sin embargo, una diferencia final muy importante surge una vez que un defecto es descubierto. En la forma antigua del sistema de producción en masa, el ensamblador tiene supervisores checando la calidad de los embarques de los proveedores. Como vimos, cuando los defectos son pocos, estas partes son simplemente descartadas o devueltas por un crédito. Cuando son numerosas, el cargamento entero se devuelve, hacer esto es posible porque el ensamblador normalmente tiene una semana o más de inventario y puede esperar una semana o más por un cargamento correcto.

Los productores esbeltos tienen una actitud muy distinta. Sin inventarios, un embarque defectuoso puede ser catastrófico. En el peor caso toda la planta tendría que detenerse. Este desastre prácticamente nunca sucede, aún cuando las partes no son revisadas hasta que son instaladas. Las razones para que no suceda son dos: el proveedor sabe qué pasaría si envía partes malas y toma precauciones para que no suceda. En el raro evento de encontrar una parte mala, el departamento de control de calidad del ensamblador recurre rápidamente a lo que Toyota llama los "cinco por qué" en donde el ensamblador y el proveedor determinadamente analizan cada parte defectuosa hasta la causa última del error o falla, para asegurarse que no vuelva a suceder.

Una parte más del proceso de proveeduría esbelta es la asociación de proveedores, donde todos los "first-tier supplier", del ensamblador, se unen para compartir nuevos hallazgos de métodos para hacer las partes. Toyota por ejemplo, tienen tres asociaciones regionales de proveedores.

La mayoría de los principales proveedores pertenecen a una de estas asociaciones las cuales han sido extremadamente importantes para diseminar los nuevos conceptos como (SPC) Control Estadístico de Proceso, (TQC) Control Total de la Calidad, (VA) Análisis de Valor, (VE) Ingeniería de Valor y (CAD) Diseño Asistido por Computadora.

Estas uniones nunca serán posibles en la visión de la producción en masa, porque si las empresas comparten cualquier descubrimiento de cómo hacer las partes más económicamente y con menos esfuerzo, sólo aseguraría que sus empresas perdieran la próxima licitación o que ganaran pero sin que pudieran hacer ninguna utilidad. De tal forma que el trabajo de mejorar las técnicas queda a cargo de sociedades profesionales de Ingenieros, el trabajo es realizado pero muy indirectamente y lento.

Otro aspecto importante es la idea de que cada parte es proveída por un solo proveedor. Esto es generalmente cierto para los sistemas complejos que requieren masivas inversiones en herramientas pero mucho menos para partes simples.

Para asegurar que cada quien trate ardua y continuamente de cumplir, el ensamblador usualmente divide sus órdenes entre dos o tres miembros del grupo de proveedores. El ensamblador no hace esto para reducir los precios, lo hace para prevenir caídas en el nivel de calidad o de entregas necesarias.

Cuando el proveedor falla en la calidad o entrega, el ensamblador no lo cancela sólo destina una parte de su cuota al otro proveedor, si recordamos que el precio se calculó para un volumen determinado sabremos que una baja de la cuota puede tener consecuencias funestas para conseguir el nivel de utilidades esperado. Toyota y las demás empresas han observado que esto mantiene a los proveedores en buenos niveles de calidad y entrega, si continúa fallando y no hay una actitud de mejora, se cancela.

Gracias a que los productores esbeltos son muy exitosos en desarrollar la responsabilidad en el diseño y fabricación de las partes en sus proveedores, necesitan hacer mucho menos ellos mismos, comparado con los productores en masa. Del costo total de materiales, herramientas y partes terminadas necesarias para hacer un auto, la "Toyota Motor Company" hace ella misma sólo el 27%. La compañía produce 4 millones de vehículos por año con sólo 37,000 empleados. "General Motors", en contraste, agrega el 70% del valor de los 8 millones de vehículos que fabrica y necesita 850,000 empleados.

5.3. Mejora del diseño

Para el análisis de este tema utilizaremos también el ejemplo de la industria automotriz. Una gran compañía de automóviles, ya sea que produzca con un sistema de producción en masa o con un sistema esbelto, enfrenta el mismo problema en el diseño de un nuevo producto. Un número de departamentos funcionales deben colaborar intensamente durante un largo tiempo para desarrollar un nuevo auto con éxito. La opción más simple es crear un equipo con el número necesario de planeadores e ingenieros, en el que un

jefe de equipo dirija los esfuerzos durante un periodo de años hasta que termine el proyecto.

De hecho ninguna compañía en el mundo, esbelta o en masa, hace esto. La razón es simple: cada compañía tiene un rango de modelos, componentes y fábricas que deben ser compartidas. El resultado es que sus diseños no llegan al estado del arte.

En consecuencia, la mayoría de las empresas desarrolla un tipo de matriz donde cada empleado envuelto en el desarrollo de un proyecto reporta a un departamento funcional y a un programa de desarrollo.

Aún cuando tanto en las empresas que utilizan el sistema de producción esbelta como en las que utilizan el de producción en masa tienen esquemas de matriz para el desarrollo de un diseño, hay cuatro diferencias básicas en los métodos empleados por cada uno, y se presentan en los siguientes aspectos: liderazgo, trabajo en equipo, comunicación y desarrollo simultáneo

5.3.1. Liderazgo

En el Japón el "susha" es el jefe de proyecto, o el líder del equipo, que tiene por trabajo diseñar un producto nuevo y conseguir que se produzca con éxito.

En el sistema de producción esbelta la posición del susha trae consigo gran poder, es la mejor posición para dirigir todas las habilidades necesarias para hacer un maravilloso y complejo producto manufacturado. El susha requiere más habilidades que ninguno.

En el sistema de la producción en masa también existe la posición del líder de equipo, pero en occidente es más un coordinador. La gran diferencia estriba en el poder y en la posición del líder. Aquí su labor es convencer a los miembros del equipo para que cooperen.

5.3.2. Trabajo en equipo

El líder ensambla un pequeño equipo, que es encargado de desarrollar un proyecto durante toda su vida. Los empleados que forman el equipo vienen de departamentos funcionales de la compañía como comercialización, planeación de la producción, ingeniería avanzada, ingeniería de detalle, ingeniería de producción, operaciones de fábrica. Ellos permanecen atados a sus departamentos funcionales, pero durante la vida del proyecto están bajo el control del líder. De acuerdo con su desempeño en el equipo, el líder controlará la siguiente asignación de sus miembros, que probablemente será otro equipo de desarrollo.

Los japoneses ocupan menos gente en los equipos gracias a una eficiente organización y porque hay menos rotación en ellos.

En contraste en Occidente un equipo de desarrollo consiste de individuos, incluyendo el líder, que están prestados por sus departamentos funcionales y por un corto tiempo. Más aún el proyecto en sí mismo se mueve de departamento en departamento como si fuera en una línea de producción. De tal forma que trabaja en él diferente gente en cada área.

Los miembros del equipo occidental saben que el éxito de su carrera depende de su movimiento hacia arriba de su especialidad funcional. La evaluación de desempeño de los miembros del equipo que haga el líder, no repercutirá en la carrera de ellos, por lo que tienen poco compromiso con el proyecto de desarrollo.

5.3.3. Comunicación

En Japón los miembros de los equipos de desarrollo firman, cada uno, promesas de que se hará lo que se haya aceptado como grupo. De esta forma los conflictos acerca de diferencias y prioridades ocurren al principio del proceso y no al final. En Occidente los miembros de los equipos de desarrollo muestran gran resistencia a

confrontar los conflictos directamente, con lo que éstos aparecen al final del proceso.

Otra razón es que el movimiento de un departamento a otro hace muy difícil la comunicación.

La herramienta utilizada en Japón para facilitar la comunicación es La Organización Funcional Transversal que se creó para romper las barreras interdepartamentales de comunicación. Para su éxito, sin embargo, debe haber un sistema de aseguramiento de la calidad y reglas, regulaciones, formatos y procedimientos de soporte.

Una empresa es organizada de acuerdo con funciones verticales como investigación y desarrollo, producción, ingeniería, finanzas, ventas, y administración de servicios. A través de esta organización funcional, las responsabilidades son delegadas y buscadas las utilidades.

Los objetivos del Control de Calidad Total no son únicamente hacer utilidades sino generar mejoras en áreas como capacitación, satisfacción del cliente, servicio al cliente, aseguramiento de calidad, control de costos y de entregas, desarrollo de nuevos productos. Estos objetivos requieren de esfuerzos funcionales transversales que coordinen la búsqueda del logro de los objetivos en los distintos departamentos funcionales, ya que para conseguir el control de la calidad, todos los departamentos funcionales deben participar.

La meta última de una empresa es hacer dinero. Asumiendo esto como evidente, entonces las siguientes metas deben ser las funcionales transversales como calidad, costo y programas. Sin la consecución de estas metas la compañía se quedaría detrás de la competencia por su mala calidad, perdería las utilidades por los altos costos, o sería incapaz de entregar los productos comprometidos. Si por el contrario satisface estas metas transversales funcionales, las utilidades vendrán solas. Es responsabilidad de la dirección funcional transversal coordinar el cumplimiento de estas metas a través de los departamentos funcionales.

Sin las metas transversales funcionales los gerentes de los departamentos funcionales tenderían a dar demasiada importancia a sus departamentos, con lo que los departamentos con menor capacidad de negociación perderían en las negociaciones interdepartamentales, con el subsiguiente fallo en la consecución de las metas transversales.

Las metas de la compañía deben ser determinadas de la manera siguiente, figura 5.1:

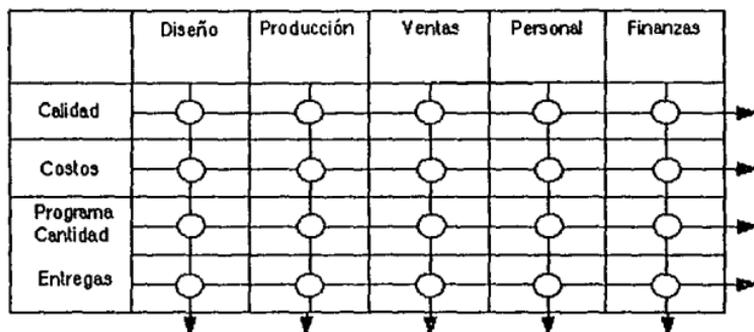


Figura 5.1 Metas transversales.

Las metas transversales funcionales deben determinarse antes de fijar las departamentales, para que éstas vayan en función de las metas transversales. La alta dirección debe determinar las metas transversales funcionales de calidad, costo y programa, así como sus medidas.

Así como una empresa es auditada, el progreso de las metas transversales funcionales deben ser auditadas en lo que se llama la auditoría del control total de la calidad. La auditoría transversal funcional la realizan los gerentes de línea. Una auditoría transversal funcional empieza con la auditoría por parte de la alta dirección a las divisiones, después cada director de división audita a sus subordinados, y este proceso continúa en todos los niveles de la organización.

5.3.4. Desarrollo simultáneo

El concepto del desarrollo simultáneo significa ganar tiempo realizando actividades de manera paralela, traslapando operaciones que no necesariamente requieren esperar una a la otra para realizarse. Un ejemplo muy ilustrativo es el diseño y fabricación de los herramientas y moldes necesarios para la fabricación de las partes de un automóvil, los cuales se pueden empezar a fabricar aún cuando parte del diseño del vehículo no se ha concluido.

Gracias a los cuatro puntos mencionados se consigue ofrecer nuevos diseños de producto en menos tiempo, que necesitan menos modificaciones, que ofrecen productos que se apegan mejor a los diseños y que satisfacen mejor las necesidades de los clientes.

Conclusiones y recomendaciones

La idea fundamental de este trabajo, que se orienta al análisis de la filosofía japonesa de producción, es la eliminación de los costes improductivos y la búsqueda de mejoras implícitas. La idea de la eliminación del desperdicio, surge de cómo se calculan los precios de venta en el Japón, es decir, $\text{costo} = \text{precio de venta} - \text{utilidad}$, donde el precio se fija de acuerdo con el mercado y de este precio de mercado se resta una utilidad razonable. Esta fórmula nos da como resultado un costo, debido a que el mercado no tiene la culpa de las ineficiencias de la empresa, el mercado nos obliga a conseguir reducir los costos improductivos o eliminar toda actividad que no agregue valor al producto.

Para conseguir la eliminación de las actividades que no agregan valor al producto se debe tener claro cuáles son. Como observamos a lo largo de esta tesis sólo el trabajo agrega valor al producto. Los otros tres fenómenos, transporte, inspección y retrasos, tanto de los procesos como de las operaciones sólo agregan costos. A lo largo de este trabajo hemos conocido o comprendido cómo se estructura la producción, y que técnicas y actitudes nos pueden ayudar a conseguir la eliminación de los costos improductivos. Nos hemos dado cuenta que las ideas tradicionales respecto de las razones de éxito de las empresas japonesas no corresponden a la importancia que se les ha dado. Por ejemplo, en lugar de automatización que mucha gente cree que es la razón del éxito japonés, se utiliza más la autonomatización, que tiene excelentes resultados con aproximadamente un décimo del valor de aquélla; o la idea de que el justo a tiempo es conseguir que los proveedores entreguen las materias primas justo cuando se necesitan. Sin embargo, eso sólo es una parte del justo a tiempo, y para conseguirlo se requiere de la drástica reducción del tamaño del lote.

También hemos comprendido que no se requieren ni grandes inversiones ni los altos niveles tecnológicos y que los empresarios mexicanos con disciplina, perseverancia y la correcta comprensión de cómo se estructura la producción y de las técnicas utilizadas para

conseguir las mejoras, la eliminación de los costes improductivos, pueden alcanzar los niveles de costos, calidad, y servicio que requieren para competir con las empresas a las que nos enfrentaremos a consecuencia de la globalización de los mercados, y en particular, del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos de América y con el Canadá.

En todo sistema de producción las personas son lo que más contribuye al éxito o al fracaso de la empresa, por tanto, si las personas encargadas de conseguir las mejoras, es decir la gente de línea, no están comprometidas con la necesidad de mejora y los medios de mejora, más aún si no participan en cómo conseguir esas mejoras, difícilmente se obtendrán los resultados deseados. Para conseguir la participación de los empleados y la comprensión de qué se está haciendo, el Apéndice, "Kaizen", es una magnífica ayuda, ya que aunque es muy difícil ponerse de acuerdo respecto de lo que es la eficiencia o la productividad, nadie puede objetar la necesidad continua de la mejora. En este sentido el kaizen, mejora continua, es una herramienta que nos permite comprender la necesidad de mejora, descubrir los problemas, y sus soluciones.

Sin embargo otro aspecto muy importante para lograr el compromiso de los trabajadores es que los mismos sientan la seguridad de su empleo, para que libremente ofrezcan ideas que incluso hagan innecesario su trabajo, con la seguridad de que ellos, como sus compañeros no perderán su empleo. Para conseguir esto las empresas japonesas ofrecen a sus empleados la seguridad de un empleo de por vida, bien remunerado a cambio del compromiso por parte de los trabajadores de responder a las necesidades de mejora continua y de alta flexibilidad para poder manejar muchas máquinas a la vez.

Aún cuando en muchos casos se piensa que los logros conseguidos por los japoneses son exclusivos de ellos, argumentando que su forma de ser permite que participen con un gran número de mejoras y que trabajen de manera natural en grupos, etc., ya hay muchas empresas en Estados Unidos de América que han conseguido hacer sus Sistemas de Producción Esbelta con personal

americano y que han logrado impresionantes mejoras respecto de los niveles previos cuando utilizaban otras filosofías de producción. Más aún, en México se han conseguido mejoras muy importantes con estos sistemas, en empresas como Ford, en la planta de Hermosillo, o CIMA en Toluca. Por lo tanto los Sistemas de Producción Esbelta pueden ser y han sido aplicados ya en México con excelentes resultados.

El Apéndice es una muestra de cómo una empresa logra que sus empleados conozcan, comprendan y apliquen las ideas expuestas en esta tesis de manera práctica. Esto se lleva a cabo con actividades llamadas Kaizen, en las que participan miembros de todas las áreas que intervienen para la producción y venta, como son: personal de línea, de almacén, de ventas, etc., y que tienen como objetivo diseminar las ideas de mejora y al mismo tiempo conseguir las mejoras.

Aún cuando lo expuesto no es ni pretende ser la solución o una alternativa única para conseguir los niveles de competencia requeridos por las empresas mexicanas, sí es una alternativa que puede estar al alcance de cualquiera de los empresarios mexicanos, debido a que no requiere de grandes inversiones ni altas tecnologías.

Considero importante y necesario incluir en todas las carreras que imparte esta Facultad, los temas mencionados, ya que todos los egresados, independientemente de cual sea su especialidad o su puesto en su carrera profesional, trabajarán para una empresa donde estas ideas podrán aplicarse en beneficio de ella a nivel microeconómico y del país a nivel macroeconómico.

Apéndice 1

1. Kaizen

Dado que lo más importante para conseguir cualquier mejora es la participación del personal de línea con la conciencia de la necesidad de eliminar los costos improductivos, el hacer conscientes a los trabajadores del Kaizen es el primer paso para coseguir las deseadas mejoras.

Según sus raíces, Kai significa cambio y zen para mejora. Sin embargo el verdadero significado es el mejoramiento continuo en todas las áreas de la empresa o de la vida.

Aunque es difícil ponerse de acuerdo sobre una definición de calidad o productividad, nadie puede discutir la necesidad de la mejora. Por esto kaizen es tan importante y de gran ayuda para el éxito de la empresa.

Kaizen es mejora. Sin embargo hay dos tipos de mejora: la abrupta que está íntimamente ligada con la innovación, grandes inversiones de capital y grandes cambios tecnológicos y la mejora incremental o continua, (Kaizen), que no requiere de grandes inversiones ni grandes cambios tecnológicos.

Mientras en Japón es muy común la práctica de la mejora continua o Kaizen, en Occidente la mejora se entiende casi en su mayoría como la innovación o mejora drástica. En la figura 1.1, podemos observar las funciones de puestos según se entienden en Japón y en Occidente, así como el tiempo dedicado a actividades de mejora respectivamente.

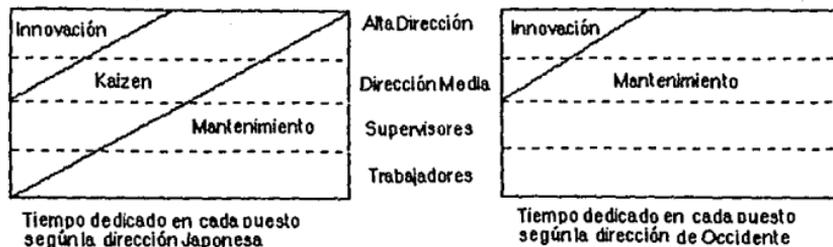


Figura 1.1 Mejora en Occidente vs mejora en Japón.

Como podemos observar en la figura, en Japón se destina una parte del tiempo de cada puesto a actividades de mejora y mantenimiento de la productividad, mientras que en Occidente las actividades de mejora quedan a cargo de la dirección media y alta, porque se centran en la mejora abrupta que requiere grandes inversiones.

El punto de partida para la mejora es reconocer la necesidad de la misma, esto viene del reconocimiento del problema. Si no hay reconocimiento del problema, no hay reconocimiento de la necesidad de mejora. En este sentido la complacencia es el principal enemigo del Kaizen. El Kaizen es una excelente herramienta para enfatizar los problemas y provee de ayuda para su identificación. Una vez identificados los problemas deben ser resueltos, entonces Kaizen también es un proceso de solución, ya que en él se utilizan herramientas para la resolución de problemas. Para que la mejora conseguida sea eficiente debe conservarse mediante su estandarización. Por lo que el Kaizen requiere de estandarización, para completar el proceso de mejora.

Los tres principales bloques de un negocio son: "Hardware", que es maquinaria, herramientas y equipo que apoyan un negocio, el "Software" que son los sistemas en que se basa el negocio y el tercero es el "Humanware" o sea las personas encargadas de manejar las máquinas y hacer y seguir los sistemas.

Para ubicar firmemente el "Humanware" es necesario construir calidad en las personas, lo que significa ayudarlas a ser conscientes

del Kaizen, es decir de la necesidad de la mejora continua. Cuando se habla de control de calidad en el Control Total de la Calidad, se está hablando del control de la calidad del "Humanware", Hardware" y "Software". Sin embargo cuando se habla de calidad uno tiende a pensar en términos de productos. Nada puede estar más alejado de la realidad. En el Control Total de la Calidad lo primero es la calidad de las personas o "Humanware" y sólo después de que han sido firmemente ubicados los aspectos de calidad en el "Humanware" deben ser considerados los aspectos del "Hardware" y el "Software". Una empresa capaz de construir calidad en las personas lleva la mitad del camino para elaborar productos de calidad.

Dado que el primer paso para conseguir productos de calidad es lograr construir calidad en las personas y que la calidad en las personas es hacerlas conscientes del kaizen, empezaremos el estudio del kaizen explicando sus siete conceptos.

1.1. Los siete conceptos del kaizen.

1.1.1. Ciclo PHRA y EHRA

Los ejecutivos japoneses rescataron el ciclo de Deming y lo llamaron ciclo PHRA, para aplicarse a todas las fases y situaciones. El ciclo PHRA es una serie de actividades realizadas para la mejora. Cada letra del ciclo PHRA corresponde a una acción para la mejora es decir:

En un ejemplo de un nuevo producto

Planear.	Corresponde a la fase del diseño del nuevo producto.
Hacer	Corresponde a la fabricación del nuevo producto diseñado.
Revisar	Las cifras de ventas confirman y chequean si el producto satisface a los clientes.

Actuar En caso de que se presenten quejas, debe ser incorporada en la fase de planeación, la acción necesaria para su corrección. La acción se refiere a la acción para la mejora.

El ciclo PHRA inicia con un estudio de la situación actual, durante la cual se recolectan datos para ser usados en la formulación de un plan de mejora. Una vez que el plan se finaliza, es implementado. La implementación es checada para ver si se ha conseguido la mejora anticipada. Cuando el experimento ha sido un éxito, es tomada una acción final de estandarización para asegurar que el nuevo método introducido será practicado constantemente para mantener la mejora.

En las primeras etapas de aplicación del ciclo PHRA, revisar significaba que inspectores checaran los resultados de los trabajadores y que tomaran acciones en caso de encontrar defectos. Lo anterior debido a que el concepto del ciclo PHRA fue basado en la división del trabajo entre supervisores, inspectores y trabajadores, como se observa en la fig 1.2

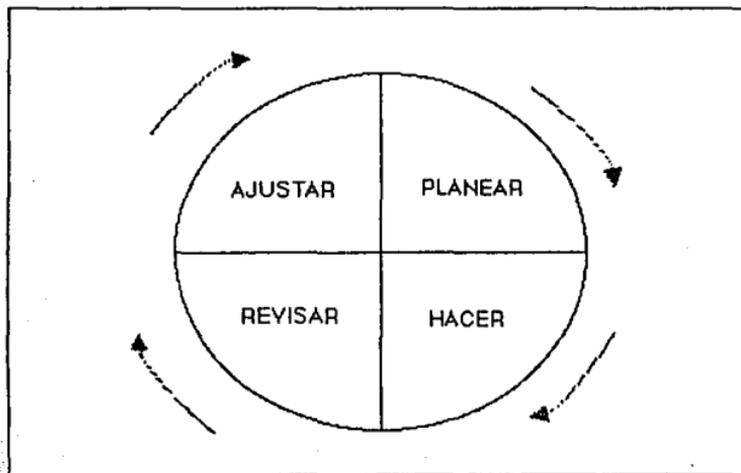


Figura 1.2 Ciclo PHRA.

En el curso de la aplicación de este concepto en Japón, se encontró que esta post-corrección de la aplicación del ciclo PHRA no era suficiente. Como resultado se creó un nuevo concepto que se muestra en la figura 1.3.

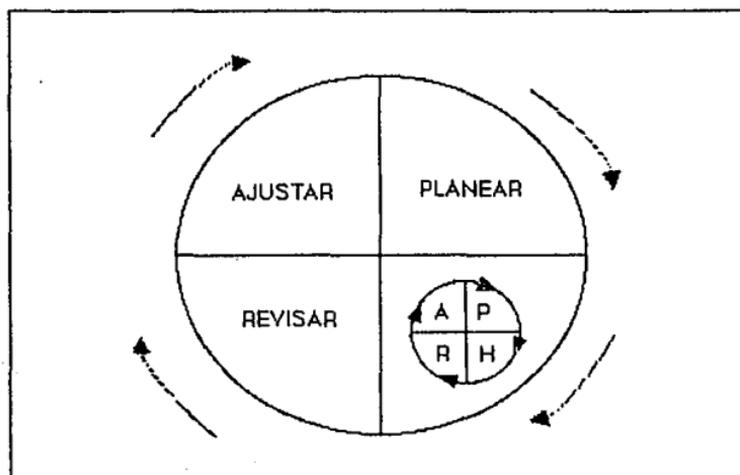


Figura 1.3 Nuevo Ciclo PHRA.

En la versión revisada del ciclo PHRA mostrado en la figura. El Plan significa planear mejoras en las prácticas presentes utilizando herramientas estadísticas como las siete herramientas del Control de Calidad (Diagramas de Pareto, Diagramas Causa-Efecto, Histogramas, Gráficas de Control, Diagramas de Dispersión, Gráficas y Hojas de Chequeo). Hacer significa la aplicación del plan. Revisar significa ver si se consiguieron las mejoras deseadas. Actuar significa prevenir recurrencias de problemas e institucionalizar las mejoras. Los ciclos PHRA van girando y girando. Tan pronto como una mejora es realizada se convierte en estándar que será cambiado con nuevos planes para mejora.

El ciclo PHRA es entendido como un proceso a través del cual nuevos estándares se ponen sólo para ser nuevos desafíos, ser revisados y ser reemplazados por nuevos y mejores estándares.

Incluso antes de que el ciclo PHRA sea empleado, es esencial que los estándares actuales sean establecidos. Este proceso de establecimiento es frecuentemente llamado ciclo EHRA que cambia la fase de planeación por la de estandarización. Sólo cuando el ciclo de EHRA está trabajando nos podemos mover hacia un nivel superior de estándares a través del ciclo PHRA.

El ciclo de estandarizaciones y mejoras conseguidas se puede observar en la figura 1.4

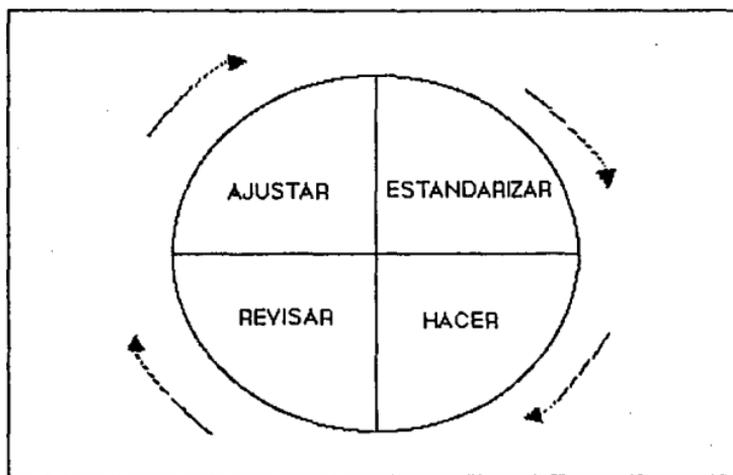


Figura 1.4 *Ciclo de estandarizaciones.*

Los procesos deben ser estandarizados para mantener las mejoras logradas y conseguir el o los procesos de acuerdo como se planearon; los estándares documentan el conocimiento, deben tener objetivos simples, ser consistentes con los requerimientos de calidad, costo y entregas. Algunos beneficios de la estandarización son:

- Facilitan el mantenimiento y las mejoras.
- Sirven de base para el entrenamiento.
- Sirven de base para la auditoría y el diagnóstico.
- Controlan la variabilidad.

Las ventanas Kaizen que presentamos a continuación son de gran ayuda para determinar la situación de los administradores respecto de los estándares. Ver figura 1.5:

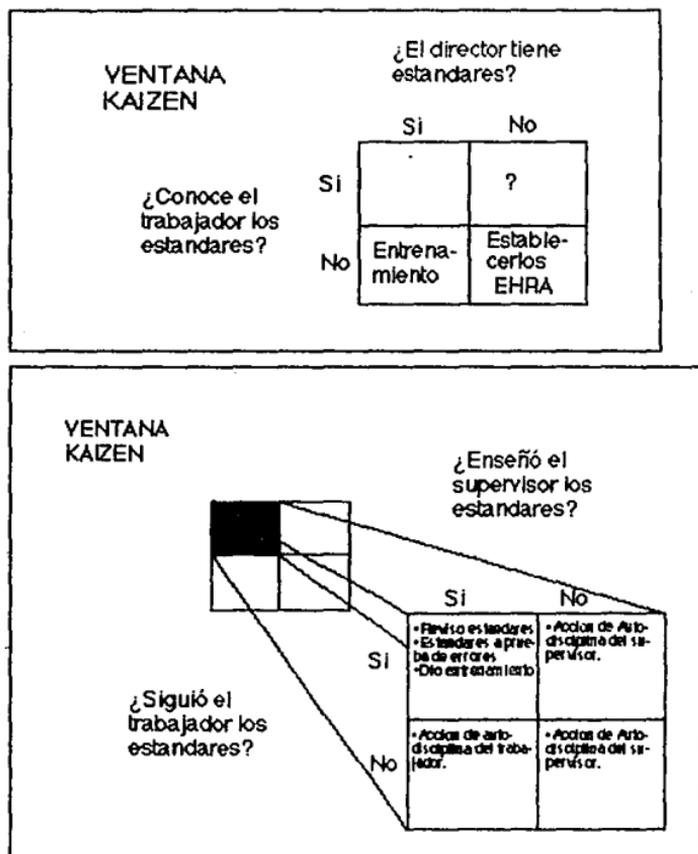


Figura 1.5 Ventanas kaizen

1.1.2. El Sigulente proceso es el cliente.

En la etapa actual los clientes finales de la empresa han sido reducidos a lo abstracto, y las personas que hacen los productos no conocen y en algunos casos ni les importa quiénes son los clientes. Este problema se incrementa con el hecho de que las personas que hacen los productos y las que los venden son diferentes. Cuando un trabajador falla en el apretado de una turca de un automóvil, puede que las consecuencias de su error no sean percibidas hasta mucho tiempo después. Sin embargo si la persona del siguiente proceso es considerada como un cliente, el problema se personaliza y entonces tiene mucha importancia el hecho de que el trabajador apriete de manera adecuada la tuerca, es decir haga bien su trabajo.

Si la calidad debe mantenerse y mejorarse en el proceso de producción, debe haber una gran comunicación entre la gente de cada etapa de producción. Sin embargo es común encontrar seccionalismo y rivalidad entre los trabajadores, particularmente entre quienes son vecinos de proceso, por lo que es necesario crear cohesión en cada etapa de trabajo.

El concepto de que "el siguiente proceso es el cliente" ha ayudado a Ingenieros y trabajadores a reconocer que sus clientes no son únicamente los finales, sino también, son sus clientes los operadores del siguiente proceso que reciben trabajo de ellos. Este reconocimiento ha dirigido los esfuerzos del personal hacia el compromiso de nunca enviar partes defectuosas al siguiente proceso. Lo anterior se institucionalizó en el concepto del Kanban y el justo a tiempo al no permitir que un producto defectuosos se pase al siguiente proceso.

El concepto del aseguramiento de la calidad descansa en la premisa de que si se asegurar calidad a cada cliente en cada etapa de producción, aseguraríamos calidad en los productos finales.

1.1.3. La calidad es primero, no la utilidad primero

Probablemente esta idea revela mejor que cualquier otra la naturaleza del Control Total de la Calidad (TQC) y del Kaizen. El Control Total de la Calidad incluye conceptos como el aseguramiento de la calidad, reducción de costos, eficiencia, programas de entregas y seguridad. La calidad aquí se refiere a la mejora en todas las áreas. Los directivos japoneses han encontrado que si ellos se preocupan por la calidad, las utilidades vendrán por sí mismas.

El paradigma tradicional respecto de la calidad es que, a mayor calidad hay mayor costo, mientras que el nuevo paradigma de la calidad es que, a mayor calidad hay menor costo.

Hay dos tipos de calidad, la calidad de resultados, que es la que pueden ver y medir los clientes y la calidad del proceso, que es lo que podemos mejorar eliminando desperdicio y variabilidad.

Cuando la calidad no es primero pensamos que :

- "Si no somos el proveedor de menor costo, no vamos a sobrevivir" y normalmente se bajan los costos bajando la calidad. Sin embargo esto trae como consecuencia un cliente insatisfecho.

La alternativa, cuando se piensa que la calidad es primero, es que reduciendo el desperdicio se bajan los costos y se tienen clientes satisfechos.

- "Se debe sacar la producción, aunque sea de baja calidad", con lo que tenemos que el cliente recibe productos a tiempo, pero defectuosos.

La alternativa cuando se piensa que la calidad es primero es, que mejorando el proceso, baja el tiempo de entrega y se cumplen las entregas.

- "Se debe posponer el mantenimiento preventivo, porque se necesita la producción". Con lo que provocamos fallas del equipo y alta variabilidad del producto.

La alternativa, cuando se piensa que la calidad es primero, es reducir el tiempo de mantenimiento preventivo.

1.1.4. Orientación al mercado no al proceso

La aplicación del concepto de que el siguiente proceso es el cliente tiene como última consecuencia el cliente final, es decir a quien compra el producto. Por esto el Control Total de la Calidad debe estar orientado hacia el cliente. También por esto es que las actividades del Control Total de la Calidad han puesto énfasis en el mantenimiento de la calidad a través de construir calidad en los procesos, mediante el desarrollo y diseño de productos que satisfagan las necesidades de los clientes.

Todas las actividades del Control Total de la Calidad en Japón se conducen teniendo las necesidades de los clientes en mente. Sin embargo hay directivos que tienden a pensar en sus propias necesidades. Muy frecuentemente inician la producción de nuevos artículos simplemente porque los recursos financieros, tecnológicos y de capacidad están disponibles. Estos productos satisfacen la necesidad de la empresa de incrementar la producción, mientras que los directivos mantienen sus dedos cruzados esperando que los productos gusten a los clientes.

Un aspecto muy importante en relación a la orientación al mercado es, la definición del cliente ya que de esto dependerán las características que deberá tener el producto para satisfacer a los cliente. Por lo tanto una de las prioridades de la dirección es la definición de los clientes.

1.1.5. Hable con datos

El Control Total de la Calidad enfatiza el uso de los datos, resaltando que debemos hablar con hechos y datos. Incluso cuando se vean

datos, hay que dudar ya que pueden no ser ciertos o estar equivocados. Incluso si se tienen datos ciertos, hay que ver si se están usando correctamente. La habilidad con que una empresa recolecte y use sus datos puede ser la diferencia entre el éxito o el fracaso.

En la mayoría de las empresas, el trabajo de atender las quejas de los clientes se deja en manos de los novatos y se considera no importante. Sin embargo este trabajo debería ser para los mejores Ingenieros Jóvenes, ya que es una oportunidad invaluable para obtener retroalimentación de los clientes y para mejorar el producto.

El problema es que aún si hay información valiosa disponible, poca gente puede hacer buen uso de ella, ya que muchas veces se está obsesionado por las utilidades de corto plazo, tendiendo a olvidar a los clientes.

Un sistema de recolección y evaluación de datos es de vital importancia para los programas de Control Total de Calidad y Kaizen. Para desarrollar un producto que satisfaga las necesidades de los clientes, los datos de éstos deben ser recopilados primeramente por gente de ventas y mercadotecnia y complementados por el departamento de atención de quejas. Esta información se comunica posteriormente a los departamentos de diseño, ingeniería y producción. El Control de Calidad Total ha desarrollado varios sistemas y herramientas para facilitar la comunicación entre departamentos como: la organización transversal funcional, los diagramas de sistemas y el despliegue de calidad.

1.1.6. Administración de los procesos previos o aguas arriba

Debido a la preocupación por hablar con datos y a los procesos y resultados en lugar de sólo a los resultados, el Control Total de la Calidad promueve que la gente regrese a los procesos previos para

encontrar la causa de los problemas. La mejora requiere que siempre estemos pendientes de lo que viene de los procesos previos. En la resolución de problemas no es suficiente encontrar la primera causa, por lo que se motiva a la gente a preguntar ¿por qué? cinco veces, para encontrar la causa raíz del problema.

La base de la administración hacia arriba es buscar la solución de los problemas en su raíz, para evitar recurrencias o prevenirlos.

1.1.7. Controle la variabilidad

No puede haber mejoras si no hay estándares. El punto de partida en cualquier mejora es saber exactamente dónde se está. Debe existir un estándar o medida precisa para cada trabajador, cada máquina y cada proceso. Similarmente debe haber un estándar para cada director. Incluso antes de introducir el Control Total de la Calidad y las estrategias de kaizen, la dirección debe hacer un esfuerzo para entender dónde está la compañía y dónde sus estándares. Por esto la estandarización es uno de los pilares más importantes del Control Total de la Calidad.

Para el Kaizen los estándares sólo existen para ser sustituidos por nuevos y mejores estándares. Cada uno, cada especificación y cada medida deben ser revisados y mejorados constantemente.

Cuando dividimos el trabajo de un individuo en series de criterios en función del proceso, finalmente alcanzaremos la última medida en función del proceso, o el estándar. Por ejemplo, la labor de un trabajador de una máquina puede ser dividida en varios pasos como: cargar el material, colocarlo en la máquina, arrancarla, procesar el material, detener la máquina, cargar el material procesado en la máquina siguiente y así sucesivamente.

No es ni necesario ni posible estandarizar todas estas operaciones. Sin embargo, los elementos cruciales, como el tiempo de ciclo, la secuencia de trabajo, o el trabajo de calibrado de la máquina, pueden ser medidos y estandarizados. Algunas veces, las empresas

japonesas emplean lo que llaman estandarización de un punto, lo que significa que el trabajador debe tener una de sus múltiples operaciones estandarizadas. La estandarización de un punto se utiliza frecuentemente en el área de trabajo para que los operadores siempre la tengan en mente y sólo después de que este primer estándar se ha convertido en una segunda naturaleza para ellos, la dirección debe pensar en incluir otro estándar.

Los estándares deben ser obligatorios para todos, y es cometido de la dirección que se trabaje de acuerdo con ellos. Esto se llama disciplina.

Cada estándar es portador de las siguientes características:

1. Responsabilidad y autorización individual.
2. La transmisión de la experiencia individual para la siguiente generación de trabajadores.
3. Trasmisión de la experiencia individual y del saber cómo a la organización.
4. Acumulación de experiencia (particularmente de fallas) hacia la organización.
5. Despliegue del saber cómo de un taller a otro.
6. Disciplina.

Cada área de trabajo tiene sus propios estándares y sus procedimientos de operación para cada trabajador, máquina o proceso. Cuando un trabajador encuentra un problema, se analiza, se identifican las causas y se proponen soluciones. Una vez que la solución propuesta ha sido puesta en práctica, el siguiente paso es checar su eficacia. Si la solución propuesta ha sido una mejora, se adopta como estándar, como se muestra en la figura 1.6. Frecuentemente este nuevo estándar es desplegado a otras secciones y fábricas.

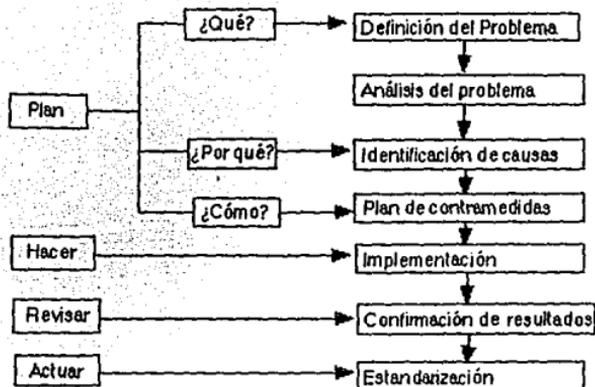


Figura 1.6 Ejemplo de ciclo PIIRA

Solamente cuando subsecuentes trabajos son realizados con el nuevo estándar podemos decir que la mejora ha sido real. En la estrategia kaizen, la dirección debe revisar los estándares actuales y tratar de mejorarlos. Una vez que han sido establecidos, la dirección debe asegurarse que todos los empleados los sigan estrictamente.

BIBLIOGRAFIA

- SHIGEO SHINGO, PRODUCCION SIN STOCKS: EL SISTEMA SHINGO PARA LA MEJORA CONTINUA. PRODUCTIVITY PRESS.
- MASAACKI IMAI, KAIZEN: THE KEY TO JAPAN'S COMPETITIVE SUCCESS. MCGRAW-HILL. PUBLISHING COMPANY
- SHIGEO SHINGO. UNA REVOLUCION EN LA PRODUCCION: EL SISTEMA SMED. PRODUCTIVITY PRES
- SHIGEO SHINGO. ZERO QUALITY CONTROL: SOURCE INSPECTION AND THE POKAYOKE SYSTEM. PRODUCTIVITY PRESS.
- JAMES P. WOMACK, DANIEL T. JONES & DANIEL ROOS. THE MACHINE THAT CHANGED THE WORLD. RAWSON ASSOCIATES.
- RICHARD J. SCHONBERGER. JAPANES MANUFACTURIG TECHNIQUES. FREE PRESS.
- TAICHI OHNO. SISTEMA DE PRODUCCION TOYOTA. PRODUCTIVITY PRESS.
- JAMES L. RIGGS. SISTEMAS DE PRODUCCION: PLANEACION, ANALISIS Y CONTROL. LIMUSA.
- JOSEPH G. MONKS. ADMINISTRACION DE OPERACIONES. Mc.GRAW-HILL 1991
- JAMES H. GREENE. PRODUCTION AND INVENTORY CONTROL HANDBOOK. Mc-GRAW-HILL. 1987, SECOND EDITION.
- JAMES M. MOORE. PLANT LOYOUT O AND DESIGN. MACMILLAN PUBLISHING 1962
- RAUL J. MARTINEZ. APUNTES SOBRE PRODUCCION. INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY 1979.
- RALPH BARRA. CIRCULOS DE CALIDAD EN OPERACION. Mc.GRAW-HILL. 1987
- PHILIP B. CROSBY. HABLEMOS DE CALIDAD. MCGRAW-HILL. 1989.

- A. ANSARI AND B. MODARRESS. JUST-IN-TIME PURCHASING. THE FREE PRESS 1990.
- SHIGEO SHINGO. NON-STOCK PRODUCTION: THE SHINGO SYSTEM FOR CONTINUOUS IMPROVEMENT. PRODUCTIVITY PRESS 1988.
- ROGER G. SCHROEDER. ADMINISTRACION DE OPERACIONES. Mc. GRAW-HILL. 1992 TERCERA EDICION.
- JAMES L. RIGGS. SISTEMAS DE PRODUCCION. LIMUSA 1984.
- TERRY HILL. PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT. PRENTICE HALL 1991 SECOND EDITION.
- KEE J. KRAJEWSKI AND LARRY P. RITZMAN. OPERATIONS MANAGEMENT. ADDISON - WESLEY PUBLISHING COMPANY 1990.
- FRANKLIN G. MOORE AND THOMAS E. HENDRICK. PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT. RICHARD D. IRWIN 1980.
- JOSEPH ORLICHY. MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING. MCGRAW-HILL. 1975.
- BARRIE G. DALE Y JAMES J. PLUNKETT. LOS COSTOS EN LA CALIDAD. GRUPO EDITORIAL IBEROAMERICA 1993.
- EUGENE L. GRANT AND RICHARD S. LEAVENWORTH. STATISTICAL QUALITY CONTROL. MCGRAW-HILL 1985 FIFTH EDITION.
- RAFAEL AGUAYO. DR. DEMING. THE AMERICAN WHO TAUGHT THE JAPANESE ABOUT QUALITY.
- DENNIS LOCK Y DAVID J. SMITH. COMO GERENCIAR LA CALIDAD TOTAL. ESTRATEGIAS Y TECNICAS. FONDO EDITORIAL 1991.
- PATRICK LYONNET. LOS METODOS DE LA CALIDAD TOTAL. EDICIONES DIAZ DE SANTOS, S.A. 1989
- JUAN JOSE LARIOS GUTIERREZ. HACIA UN MODELO DE CALIDAD. GRUPO EDITORIAL IBEROAMERICA 1989.
- H.C. CHARBONNEAU Y G.L. WEBSTER. CONTROL DE CALIDAD. MCGRAW-HILL. 1989.
- SHIGERU MIZUNO. MANAGEMENT FOR QUALITY IMPROVEMENT THE SEVEN NEW QC TOOLS. PRODUCTIVITY PRESS 1988.

- JM. JURAN. JURAN Y LA PLANIFICACION PARA LA CALIDAD. EDICIONES DIAZ DE SANTOS 1990.
- JAMES B. DILWORTH. PRODUCTION AND OPERATIOS MANAGEMENT. RANDOM HOUSE 1986
- RICHARD B. CHASE AND NICHOLAS J. WILANO. PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT A LIFE CICLE APPROACH. IRWIN 1992.
- ELWOOD S. BUFFA. ADMINISTRACION DE OPERACIONES. LA ADMINISTRACION DE SISTEMAS PRODUCTIVOS. LIMUSA 1981.
- PIERRE BERANGER. EN BUSCA DE LA EXECELENCIA INDUSTRIAL JUST-IN-TIME Y NUEVAS REGLAS DE PRODUCCION. CDN CIENCIAS DE LA DIRECCION, S.A. 1988.
- JAMES R. EVANS, DAVID R. ANDERSON, DENNIS J. SWEENEY THOMAS A.WILLIAMS. APPLIED PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT. WEST PUBLISHING COMPANY 1990.
- GUSTAVO GUTIERREZ G. JUSTO A TIEMPO Y CALIDAD TOTAL. EDICIONES CASTILLO 1992.
- SHIGEO SHINGO. A STUDY OF THE TOYOTA. PRODUCTION SYSTEM FROM AN INDUSTRIAL ENGINEERING VIEWPOINT. PRODUCTIVITY PRESS 1989.