LEAN MANUFACTURING PASO A PASO

El sistema de gestión empresarial japonés que revolucionó la manufactura y los servicios

Incluye formatos y archivos de aplicación

Luis Socconini

Norma

Contenido

PARTE I. Las bases para el liderazgo y la cultura de clase mundial **1**

1 Introducción **1**

Antecedentes de la manufactura 3
Breve historia del Sistema de Producción Toyota 4
La influencia occidental 7
Taiichi Ohno y Shigeo Shingo: los pioneros de *Lean Manufacturing* 8
¿Qué es *Lean Manufacturing*? 11
Modelo estratégico 12
La crisis del petróleo 15
Implicaciones del éxito 15
¿Por qué algunos pueden y otros no? 17
Calidad personal 18
Aplicaciones de los conceptos *Lean* 18
Compromiso 19

2 Limitantes de la productividad **21**

La productividad 23

3 Diagnóstico e implementación 49

Presentación 51
La necesidad de entender los números 52

4 Estrategia *Hoshin Kanri* 79

Antecedentes 81
Definición 82

PARTE II. Conocimiento detallado de los procesos 101

5 Mapeo del valor 101

Antecedentes 103
Definición 103

PARTE III. Herramientas básicas 127

6 Eventos *kaizen* para aplicar las mejoras al proceso 127

Antecedentes 129
Definición 130

7 Las 5's para orden y limpieza 145

Antecedentes 147
Definición 147

8 Control visual 161

Antecedentes 163
Definición 164

PARTE IV. Herramientas para mejorar la efectividad de los equipos 173

9 Mantenimiento productivo total 173

Antecedentes 175
Definición 175

PARTE V. Herramientas para mejorar el tiempo de entrega y la capacidad 191

10 Manufactura celular 191

Antecedentes 193
Definición 193

11 Cambios rápidos de productos 209

Breve historia 211
Definición 211

PARTE VI. Herramientas para mejorar la calidad 221

12 Prevención con AMEF 221

Antecedentes 223
Definición 223

13 A prueba de errores *poka yoke* 237

Antecedentes 239
Definición 239

14 Solución de problemas con las 8 D's 249

Antecedentes 251
Definición 251

15 Seis Sigma para reducción de la variación .. 261

Antecedentes 263
Definición 264

PARTE VII. Herramientas para control de materiales y de producción 275

16 *Kanban* para control de materiales y de producción 275

Antecedentes 277
Definición 277

17 *Heijunka* para la secuenciación de la producción 287

Antecedentes 289
Definición 290

PARTE VIII. Integración y control de la información 295

18 Trabajo estándar 295

Definición 297

19 Contabilidad *Lean* para la toma de decisiones 307

Antecedentes 309
Definición 309

PARTE IX. Herramientas para la reducción de energía 333

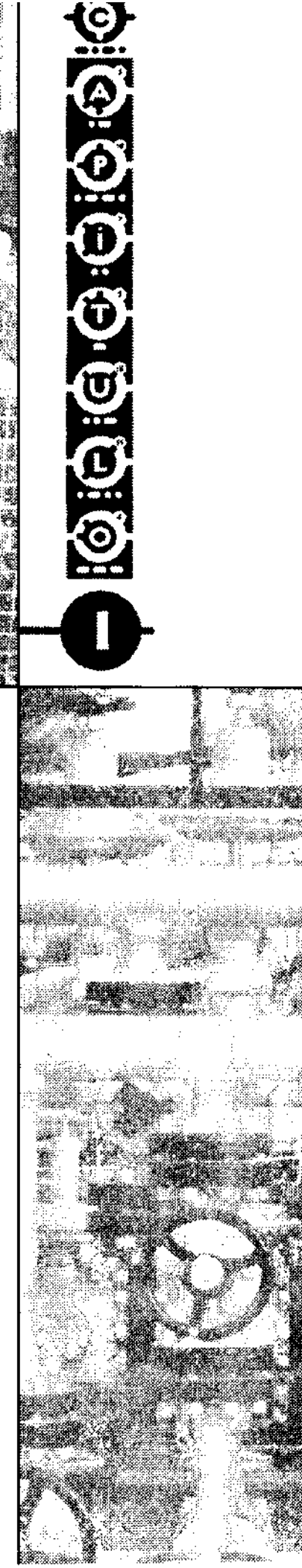
20 Ahorro de energía 333

Antecedentes 335
Definición 335
Introducción 336

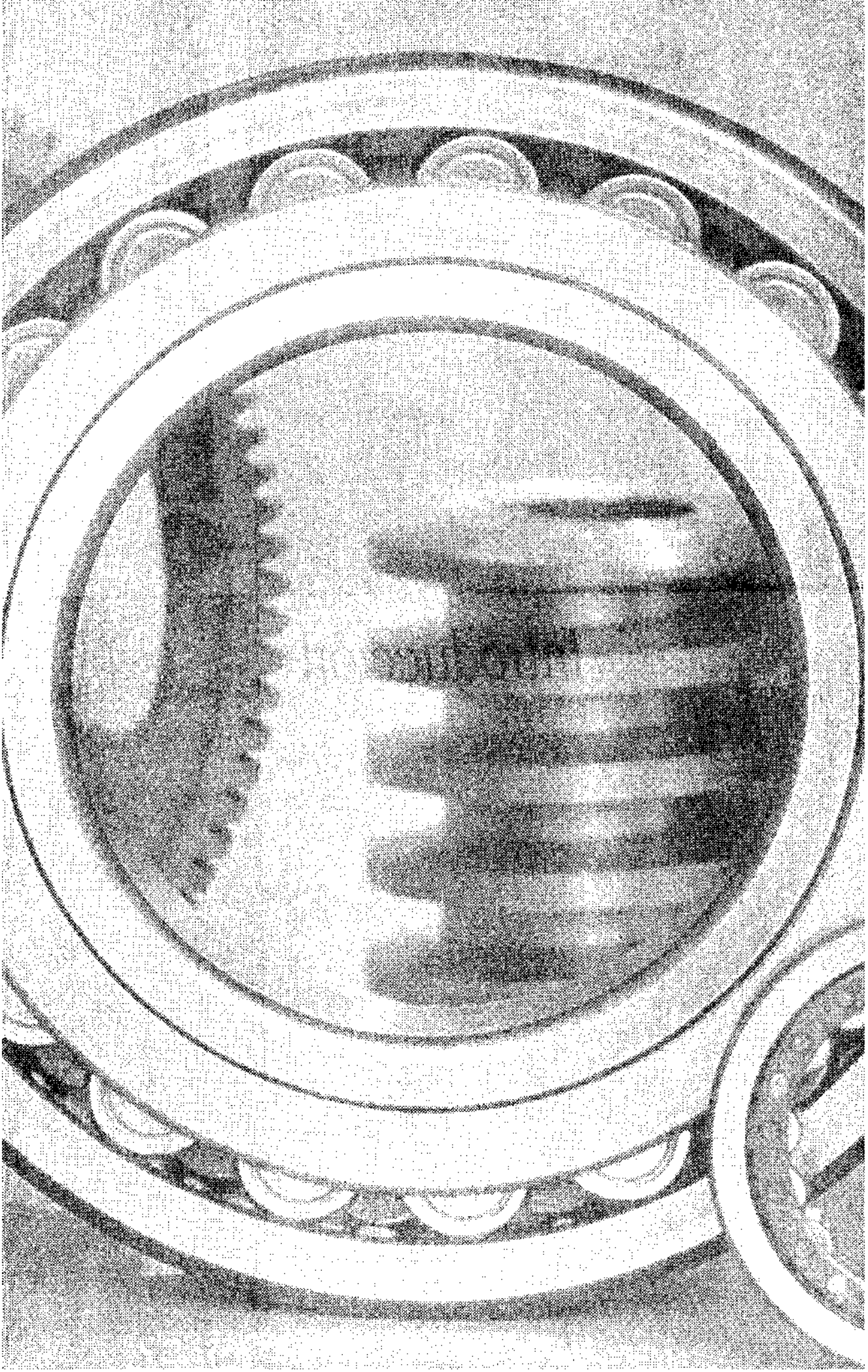
Glosario de términos y definiciones 349

Parte I

Las bases para el liderazgo y la cultura de clase mundial



Introducción



Antecedentes de la manufactura

Con la invención de su máquina de vapor de doble acción en 1776, James Watt marcó el inicio de la evolución de la manufactura moderna. En realidad, con ello había puesto en marcha la Revolución Industrial. Posteriormente, en 1798, Eli Whitney presentó una ingeniosa maquinaria de piezas intercambiables que dio un mayor ímpetu a la producción masiva, pues con ello sentó las bases de lo que hoy en día es la estandarización.

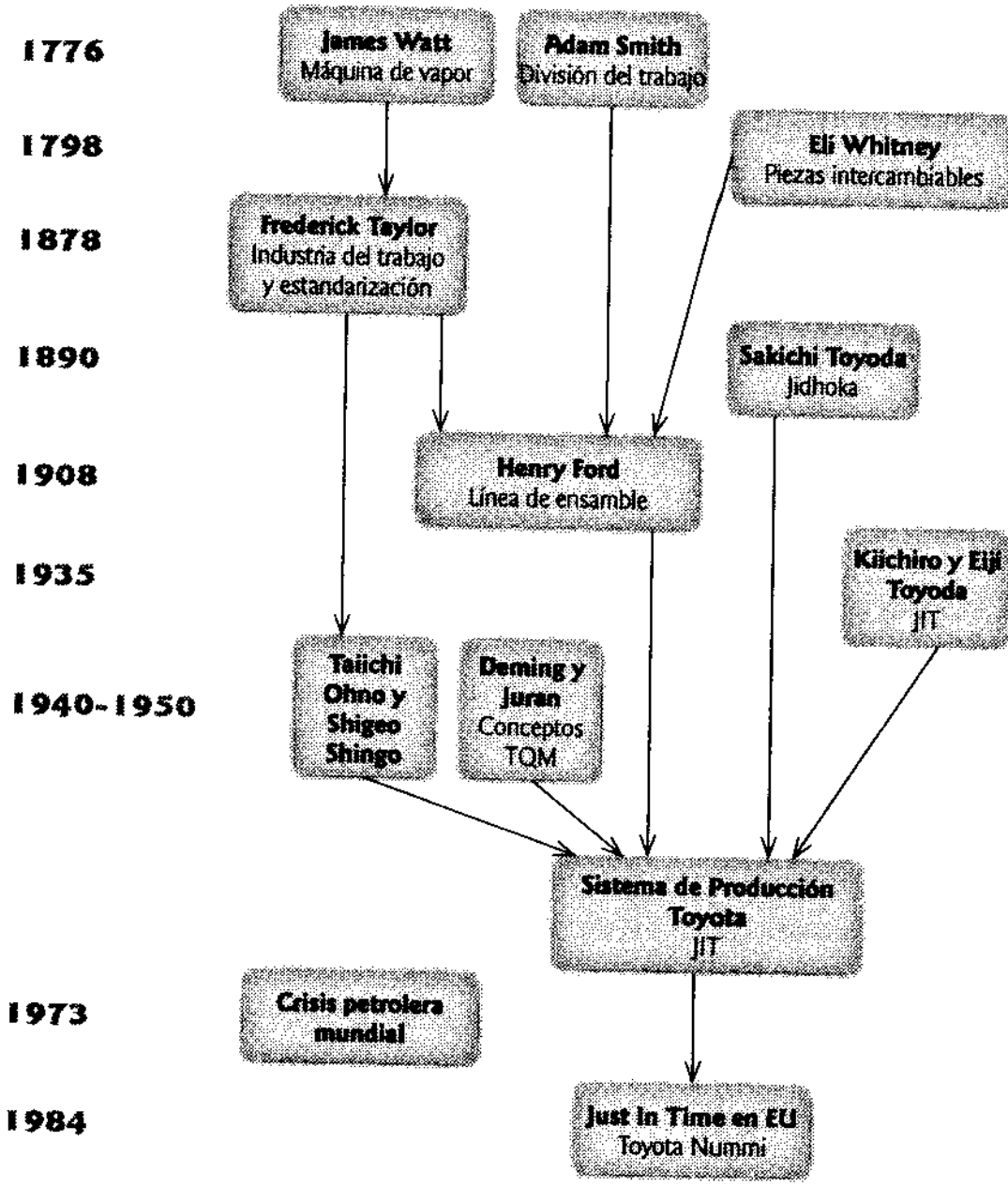


Figura 1.1

Frederick Taylor (1856-1915) cambió totalmente el enfoque de la manufactura al convertir la administración de la misma en una ciencia. Con sus detallados estudios del trabajo institucionalizó el sistema de producción por lotes y propuso la división en departamentos, cada uno de los cuales concentra sus esfuerzos en actividades muy específicas. Este sistema recibió el nombre de administración científica y se convirtió en un modelo para la industria occidental. Taylor propuso la estandarización del trabajo.

Por su parte, **Henry Ford,** originario de Dearborn, Michigan, completó su primer automóvil, conocido como cuadriciclo, mismo que condujo por las calles de Detroit en 1896; para 1908, inició la manufactura de su famoso modelo T, del cual se fabricaron 15 millones de unidades. En 1913, aplicando los principios expuestos por Adam Smith en el siglo XVIII, en los cuales afirmaba que el trabajo debía dividirse en labores específicas, Ford creó su línea de ensamble y revolucionó la manera de trabajar en la manufactura.

Breve historia del Sistema de Producción Toyota

La historia de Toyota se inició con Sakichi Toyoda, inventor y pensador japonés que nació en 1867 cerca de la ciudad de Nagoya, Japón. De niño, Toyoda aprendió el oficio de carpintero, heredado de su padre; más adelante, en 1890, aplicaría conocimientos aprendidos en ese oficio en la invención de sus telares automáticos.

En este largo camino, Toyoda trabajó arduamente durante extensas jornadas y logró concebir varios inventos, uno de los cuales es significativo en esta historia: un dispositivo que detenía el telar cuando se rompía un hilo, e indicaba con una señal visual al operador que la máquina se había detenido y que necesitaba atención. Este invento se conoce como *Jidhoka*, que significa autonomización de los defectos o automatización con enfoque humano. La palabra original es *Jidoka*, que significa automatización, y se le agrega la "h" para denotar que influye sobre las

personas (humanos). Este invento se convirtió en uno de los pilares más importantes para la industria de los telares, lo que le valió a Sakichi Toyoda ser considerado entre los japoneses como un gran ingeniero y el rey de los inventores de Japón.

En 1894 nació su hijo Kiichiro Toyoda, quien más adelante iniciaría labores en la fábrica de Sakichi, Toyoda Loom Works, en donde aplicó un enfoque muy técnico para el mejoramiento de los telares de su padre y logró que los equipos se mantuvieran trabajando ininterrumpidamente sin paros por fallos durante largas jornadas. Así, en 1924, Kiichiro completó el diseño de la máquina de hilados tipo G, la cual podía trabajar varios turnos sin interrupción.

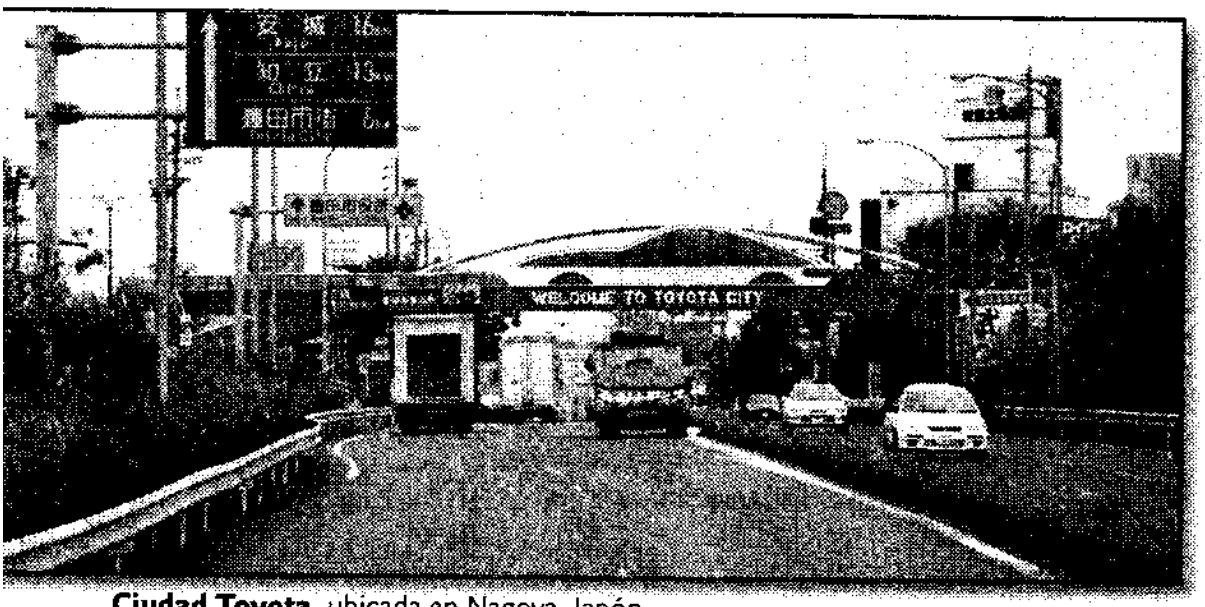
Telares en Toyoda Loom Works.

En 1929, Kiichiro viajó a Inglaterra para negociar la venta de las patentes de su invento "a prueba de errores" a los hermanos Platt, quienes pagaron 100,000 libras esterlinas por el invento. Con este capital, Kiichiro inició la Toyota Motor Company (Fujimoto, 1999).

El Sistema de Producción Toyota, popularmente conocido como *Just In Time* (justo a tiempo), tuvo su origen en Japón como resultado de la necesidad de hacer funcionar una economía (y, por ende, a una nación) devastada por la Segunda Guerra Mundial. Al finalizar ésta, los japoneses se dieron cuenta de que todo ese

gran esfuerzo por destacar y tratar de impresionar al mundo con su fuerza bélica debía cambiar radicalmente, dar un nuevo giro a la "batalla" por la competitividad mundial y resurgir con un nuevo espíritu de lucha, ahora en pos del liderazgo económico. Fue entonces cuando los industriales japoneses se propusieron dirigir sus esfuerzos hacia la competitividad en sus empresas.

Kiichiro Toyoda, entonces presidente de Toyota, se dio cuenta de que la competitividad de los obreros japoneses era casi tres veces menor que la de los obreros alemanes y casi 10 veces menor que la de los obreros estadounidenses, por lo que decidió iniciar un camino hacia la competitividad con la creación de un sistema que le asegurara rentabilidad y una sana participación en un mercado fuertemente competitivo.



Ciudad Toyota, ubicada en Nagoya, Japón.

Eiji Toyoda sucedió a Kiichiro en el mando de la compañía y al lado de Taiichi Ohno la llevó al éxito internacional, apoyándose para ello en su ingenioso sistema de producción, el *Just In Time*. Eiji era hijo de Heihachi Toyoda, hermano de Sakichi Toyoda, fundador de Toyoda Loom Works. Fue un prominente industrial y a quien se debe en gran medida el desarrollo del *Just In Time*, así como el exitoso despegue de Toyota Motor Company en cuanto a rentabilidad y reconocimiento internacional. Históricamente, destaca en su estrategia el establecimiento

de una sociedad con GM, con quien creó la planta NUMMI en Freemont, California. En esta planta aún se ensamblan automóviles para ambas compañías, utilizando un interesante sistema híbrido de administración en el que participan japoneses y estadounidenses. Eiji se mantuvo como presidente ejecutivo de Toyota hasta 1994.

La influencia occidental

Después de la Segunda Guerra Mundial, Japón enfrentó enormes dificultades para reconstruir sus ciudades y empresas. Estados Unidos y sus aliados no querían que las fuerzas militares japonesas resurgieran. Bajo estas condiciones, el general Douglas MacArthur, comandante de las fuerzas vencedoras, estableció el objetivo de reconstruir la economía y la infraestructura, cuidando que no participara la fuerza militar. MacArthur logró que algunos expertos ayudaran a la reconstrucción e invitó a personalidades como Homer Sarasohn, ingeniero del MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) y responsable de la reconstrucción del sistema de comunicaciones en Japón, en una época en la cual la sociedad japonesa consideraba que Estados Unidos seguía siendo su enemigo, además de ocupar su territorio.

General Douglas McArthur, comandante de las fuerzas estadounidenses.

Como desafortunadamente la industria de fabricación de radios estaba en una crisis de calidad y su confiabilidad era muy baja, se creó entonces un laboratorio de pruebas para inspeccionar su calidad. Si bien esto ayudó, no era una solución de largo plazo, por lo que se adoptó la estrategia de capacitar a los directivos japoneses en técnicas de administración, como el control estadístico del proceso, técnica basada en el trabajo de Walter Shewhart.

La CCS (Sección de Comunicación Civil), en coordinación con la JUSE (Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses), se hizo cargo de la educación técnica y vocacional. La JUSE quería que se ofreciera más capacitación en control estadístico y le pidió a la CCS que le recomendara a un experto para continuar con el aprendizaje. Walter Shewhart era la mejor opción, pero no estaba disponible; la siguiente opción era un profesor de la Universidad de Columbia que había aprendido y aplicado las metodologías de Shewhart, de nombre William Deming. Así pues, por recomendación de Homer Sarasohn, Deming entró a la historia de la manufactura japonesa. Deming ya era conocido en Japón, pues en 1947 había hecho una visita previa en una misión de censo. En 1950, la JUSE le pidió a Deming que proporcionara una capacitación exhaustiva de dos meses, durante los cuales enseñó a muchos ingenieros, gerentes y estudiantes.

Joseph M. Juran también fue invitado a impartir algunas lecciones, en las que puso énfasis en la responsabilidad de la dirección para liderar las mejoras en la calidad y estableció como un elemento clave la definición de la política de calidad y asegurar que cada persona la entendiera y apoyara.

Taiichi Ohno y Shigeo Shingo: los pioneros de *Lean Manufacturing*

En tiempos de Eiji Toyoda, Ohno decía que quería convertir una bodega en un taller de máquinas, para lo cual quería ver que todos trabajaran y que recibieran capacitación. No decía cómo hacerlo; sólo ponía las bases y daba las órdenes, pues tenía el poder y la autoridad para hacerlo; se sobreentendía que lo que él decía se tenía que cumplir. Fue indiscutiblemente un líder con mucho carácter y decisión que superó el gran reto de convertir una fábrica de automóviles en uno de los negocios más rentables. Lo anterior constituyó un pilar fundamental en la creación de lo que hoy es *Lean Manufacturing*.

Taiichi Ohno nació en Manchuria, China, en 1912 y se graduó de la Escuela Técnica de Nagoya. Empezó a trabajar para Toyota en 1932. En la década de 1940 y principios de la de 1950, Taiichi Ohno fungió como gerente de ensamble, donde desarrolló muchas mejoras. En esos años Toyota estuvo al borde de la bancarrota y no pudo hacer grandes inversiones, por lo que Ohno tuvo que utilizar todo su ingenio para lograr los grandes avances que se dieron ante la necesidad de mejorar sin contar con muchos recursos económicos.

A partir de la década de 1940, Taiichi Ohno y Shigeo Shingo vivieron experiencias inolvidables en la transformación de la planta y en la creación de su estrategia de manufactura, conocida actualmente como *Lean Manufacturing*. La carrera de Ohno tuvo un avance importante gracias a sus grandes éxitos en la planta de ensamble, y fue promovido a vicepresidente ejecutivo en 1975. A principios de la década de 1980, Ohno se retiró y asumió la presidencia de Toyota Gosei, una de las compañías del grupo y proveedora de Toyota Motors. Murió en 1989 en la Ciudad Toyota.

Por su parte, el doctor Shingo fue posiblemente uno de los genios más brillantes en manufactura que el mundo ha conocido: era capaz de resolver cualquier problema de manufactura que se le presentara. Taiichi Ohno reconoció que los tres grandes maestros que tuvo a lo largo de su vida fueron Kiichiro Toyoda, quien inspiró en él una gran visión para el futuro y los negocios; Henry Ford, quien demostró que podía construir un automóvil desde el lingote de acero hasta el producto terminado en sólo cuatro días, y el doctor Shingo, quien fue su consultor, compañero y maestro.

El doctor Shingo fue un ingeniero industrial que estudió detalladamente la administración científica del trabajo de Frederick Taylor, así como las teorías sobre tiempos y movimientos de Frank Gilbreth. Logró entender las diferencias entre los procesos y las operaciones, y los estudió para transformarlos en flujos continuos con el mínimo de interrupciones, con el fin de proporcionar al cliente únicamente lo que requiere sin necesidad de

producir grandes lotes ni generar inventarios innecesarios. Entendió perfectamente que los procesos son cadenas de flujo que se pueden optimizar cuidando ciertos detalles como la estandarización del trabajo, las mediciones de capacidad y de demanda, además de establecer flujos continuos y sin interrupciones que impulsen la producción sólo cuando el cliente lo requiera y a la velocidad que dicte la demanda.

Además, para allanar el camino hacia la mejora continua, Shingo desarrolló sobremanera los estímulos a los trabajadores, con base en la idea de que, al mejorar en el aspecto laboral, mejoran como personas. En su filosofía demostró su apertura al afirmar que así como hay muchas maneras de escalar una montaña, también hay muchas maneras de mejorar y resolver problemas.

Entre sus aportaciones a la manufactura, destaca la creación de los dispositivos *poka yoke*, que eliminan defectos al eliminar errores. Estos mecanismos se conocían anteriormente como *baka yoke* ("a prueba de tontos"), pero Shingo afirmaba que, además de que este término ofendía a las personas, había que reconocer que todas ellas, incluso las más inteligentes, cometen errores. Por ello le cambió el nombre a *poka yoke*, que significa "a prueba de errores".

Shigeo Shingo nació en la ciudad de Saga, Japón, en 1909. Ahí estudió en la Escuela Técnica de Saga. Inicialmente trabajó para la Taipei Railway Company y en 1943 trabajó para la planta de manufactura Amano, en Yokohama. Durante muchos años estuvo relacionado con la Asociación Japonesa de Gerentes y trabajó para mejorar la industria en muchas plantas de manufactura.

En 1955 comenzó a laborar como consultor de Toyota y de otras empresas. En 1959 fundó su propia empresa de consultoría. Logró disminuir tiempos de preparación en prensas de 1000 toneladas desde 49 horas hasta 3 minutos para cambiar de un producto a otro, creando así lo que hoy conocemos como SMED (Single Minute Exchange of Die o cambio de herramentales en un solo dígito de minuto, es decir, en menos de 10 minutos). En la década

de 1970 viajó por todo el mundo para enseñar sus técnicas. Escribió 14 libros y actualmente, en su honor y como un tributo a su genio y creación, se otorga el premio Shigeo Shingo a quienes contribuyen a la excelencia en la manufactura. Murió en 1990.

¿Qué es *Lean Manufacturing*?

Lean Manufacturing (manufactura esbelta o ágil) es el nombre que recibe el sistema *Just In Time* en Occidente. También se ha llamado Manufactura de Clase Mundial y Sistema de Producción Toyota.

Se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizados y capacitados. Debemos entender que *Lean Manufacturing* es el esfuerzo incansable y continuo para crear empresas más efectivas, innovadoras y eficientes (Bodek).

El verdadero poder de *Lean Manufacturing* radica en descubrir continuamente en toda empresa aquellas oportunidades de mejora que están escondidas, pues siempre habrá desperdicios susceptibles de ser eliminados. Se trata entonces de crear una forma de vida en la que se reconozca que los desperdicios existen y siempre serán un reto para aquellos que estén dispuestos a encontrarlos y eliminarlos.

Hiroshi Okuda, presidente ejecutivo y director de Toyota Motors, dijo: "Quiero que todos en Toyota cambien, o al menos que no sean un obstáculo para que los demás cambien. También quiero que todos pongan por escrito sus planes de cambio para el año".

Una empresa *Lean*, esbelta o ágil, que quiera obtener el mejor beneficio dadas las condiciones cambiantes de un mundo globalizado, debe ser capaz de adaptarse rápidamente a los cambios. Para ello debe recurrir a las herramientas idóneas de mejora, prevención, solución de problemas y administración

disponibles, tener hábitos que influyan en la cultura y disponer de una administración congruente con liderazgo que motive el cambio y el autocrecimiento. Por eso en este libro abordaremos temas que no sólo sirven para implementar mejoras, sino también como herramientas que proporcionan un equilibrio entre las diferentes necesidades comunes de las organizaciones, y que deben ser parte de toda caja de herramientas para lograr un desempeño sobresaliente.

Modelo estratégico

Cuando se habla de *Just In Time*, con frecuencia se comete el error de afirmar que el principal objeto de estudio de este sistema es el inventario, y que la reducción de éste es la meta final que hay que lograr. Se llega incluso, en un afán de simplificación de esta idea, a usar sinónimos como "inventario cero". Esto no es más que un mito originado por un malentendido, como puede verse en el modelo que la misma Toyota diseñó para el sistema. Observe que, como en cualquier negocio, la meta por lograr es la satisfacción del cliente y la rentabilidad sostenida. Este mensaje de la meta de la compañía revela un evidente interés no sólo en darles a los clientes lo que piden, sino en ir más allá buscando su verdadera satisfacción. Además, esto debe lograrse de manera económica, sin derrochar los recursos que los accionistas de la empresa han depositado en ella. Así pues, la rentabilidad se refiere a que todos aquellos relacionados con el producto o la marca, así como con los clientes, proveedores, trabajadores y accionistas, deberán buscar que el negocio genere ganancias.

La efectividad en las operaciones y en los procesos de producción debe ser parte de una estrategia. Existen muchos casos de empresas que han implementado desde herramientas muy sencillas hasta sistemas de administración, o costosos sistemas de información, sin que ello forme parte de una estrategia de mediano a largo plazo. Cuando las herramientas, las mejoras, la capacitación, la compra de maquinaria y demás implementaciones

no forman parte de una estrategia, la historia nos demuestra que —en la gran mayoría de los casos— estos esfuerzos están destinados a fracasar.

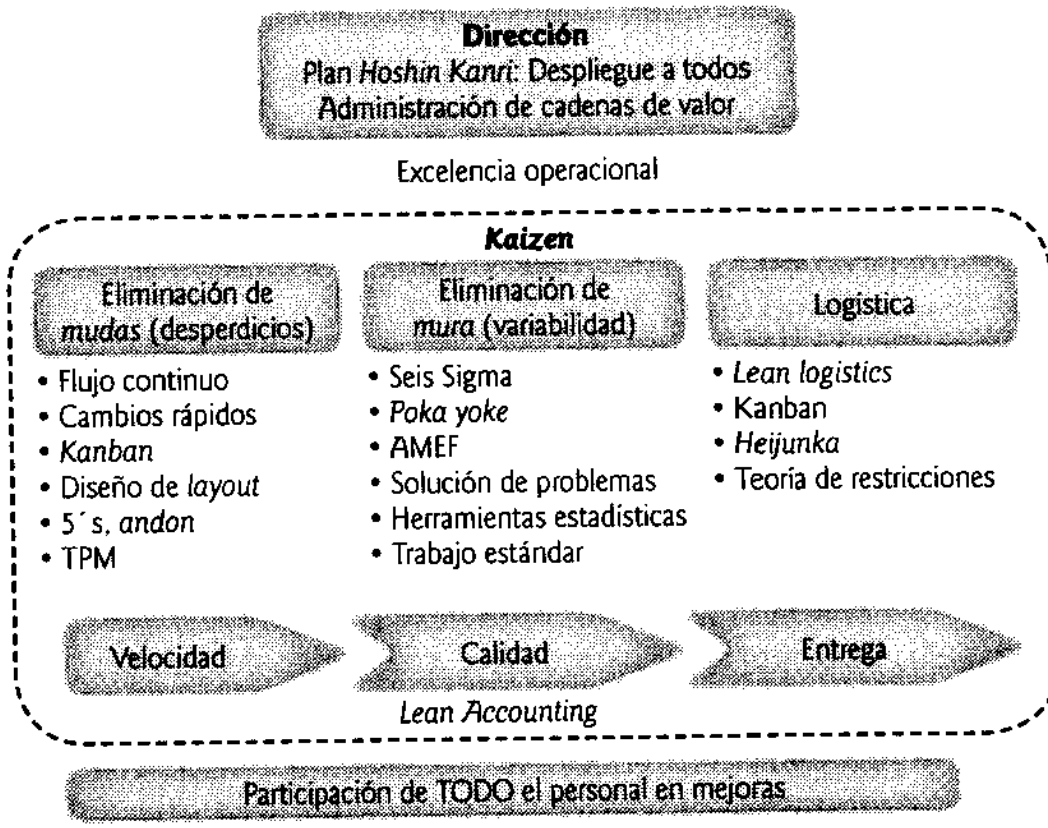


Figura 1.2

En la figura 1.2 podemos observar un enfoque estratégico basado en la filosofía de la compañía, la cual se despliega en todos los niveles utilizando administración y comunicación de políticas mediante *Hoshin Kanri*. Esto permite que le llegue a cada trabajador la parte del plan y estrategia que le corresponde para lograr los objetivos de la compañía. La administración se basa principalmente en el valor generado para los clientes y los procesos que así lo llevan a cabo. En ello radica la importancia de realizar un análisis de valor (vea el capítulo 4).

En los mercados de hoy, los clientes y consumidores requieren respuestas cada vez más rápidas para sus necesidades. Desde la entrega de pizzas a domicilio hasta la autorización de un crédito para un cliente, el mercado cada vez está menos dispuesto a esperar. Junto a esta realidad, y como veremos a lo

largo de este libro, *Lean Manufacturing* ha identificado una estrecha relación entre la velocidad de respuesta y la rentabilidad del negocio. En otras palabras, se entiende que detrás de un proceso que toma mucho tiempo puede haber una serie de desperdicios costosos, como esperas o fallas en la planeación de la producción, descomposturas en las máquinas, producción en lotes grandes, transportes, etc., la mayoría invisibles para la gerencia. Estos desperdicios ocultos dejan casi siempre una huella que nos puede ayudar a descubrirlos: el tiempo. Los tiempos largos de respuesta normalmente indican la presencia de otro tipo de problemas recurrentes. Por ello, en la manufactura hay que procurar procesos con mínimo tiempo de ciclo; es decir, con menos desperdicios y con un sistema de flujo continuo de producción.

Por su parte, la calidad de los productos y los procesos se deberá lograr durante las operaciones mismas que los generan, y no sólo medirla o evaluarla al final del proceso mediante un muestreo. Éste permitirá descubrir una parte de los defectos después de que se hayan generado, pero difícilmente permitirá prevenirlos. Calidad en la fuente significa que los operadores y su equipo contribuyen en sus procesos a lograr una calidad excelente desde la primera vez que se realiza el trabajo.

No es suficiente con ser capaz de hacer un trabajo de excelente calidad, si la máquina con la que se opera está descompuesta. Por ello, en este sistema de manufactura esbelta es indispensable la máxima eficiencia en la maquinaria para optimizar también su eficacia, lo cual se logra poniendo al operador al cuidado de su equipo mediante actividades diarias de limpieza, lubricación, revisiones generales y pequeños ajustes. Esto es parte fundamental de *Lean Manufacturing*, que se basa en la participación activa del personal en las mejoras por iniciativa propia. Este enfoque se logra facultando a la gente para participar en las mejoras y permitiéndoles tomar decisiones sobre lo que para la producción y sus procesos es relevante en la creación de valor.

Finalmente, el control visual es parte importante de *Lean Manufacturing*, ya que le permite a cualquier persona detectar

anormalidades y tomar decisiones sobre éstas simplemente con ayudas visuales, como avisos, lámparas, guías y procedimientos. El reto consiste en crear fábricas para "sordomudos" en donde no sea necesario gritar, buscar, explicar, etc., y que además se genere valor con el mínimo de desperdicio.

La crisis del petróleo

Debido a la crisis petrolera de 1973, muchas empresas en el mundo tuvieron que cerrar sus puertas por la baja de rentabilidad ocasionada por los altos costos del energético, su materia prima principal. Sin embargo, a pesar de la adversidad, hubo algunas empresas que lograron subsistir en estas condiciones, lo que hizo que la atención se centrara en ellas.

Como Japón no es un país productor de petróleo sino un consumidor, las empresas niponas padecieron lo anterior a una escala mucho mayor que sus contrapartes estadounidenses. Sin embargo, el caso de Toyota Motor Company llamó mucho la atención del mundo, pues no sólo no sufría problemas mayores ante esta restricción de la economía mundial, sino que además generaba utilidades. Esto hizo que el Gobierno japonés pidiera a Toyota que "abriera sus puertas" al mundo de la industria y mostrara qué técnicas y estrategias estaba utilizando. Fue así como Toyota inició su compromiso con la industria mundial para mostrar las técnicas que le han permitido obtener sorprendentes resultados en cuanto a productividad y competitividad.

Implicaciones del éxito

A veces pensamos que basta con introducir nuevas metodologías y herramientas para que las empresas logren cambios significativos. Sin embargo, cuando estos esfuerzos no son suficientes para producir dichos cambios, nos preguntamos: ¿Qué habrá faltado para obtener los resultados esperados?

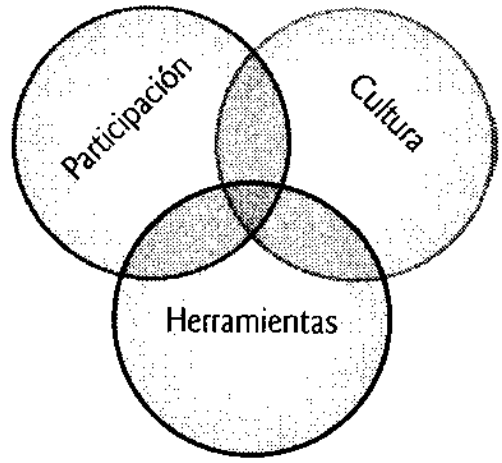


Figura 1.3

En una empresa de clase mundial es válido considerar que no sólo se trata de implementar herramientas, sino de adoptar una actitud de liderazgo y trabajar para crear una nueva cultura.

El reto consiste realmente en modificar de manera positiva la cultura, y no sólo en introducir nuevas estrategias, herramientas o planes.

El liderazgo que emprenda la dirección será fundamental, pues permitirá establecer las metas y objetivos a corto, mediano y largo plazos; conseguir los medios para su realización; generar y monitorear planes de trabajo, y asegurar que estos planes se conozcan y realicen, aportando para ello los recursos y supervisando la ejecución.

Las herramientas son muy valiosas, pero no son suficientes si no se implementan mediante un buen liderazgo, pues de éste dependerá que las personas no sólo se involucren, sino que se comprometan. El liderazgo es la mecha que enciende el vigor de un cambio radical en las organizaciones.

La cultura es sencillamente la manera de ser, pensar y actuar de una sociedad, sea ésta una nación, una empresa o una familia. La base de la cultura son los hábitos, y si bien éstos pueden ser buenos o malos (virtudes o vicios), se forman por la constante repetición de una acción. Hay dos aspectos que son cruciales en la práctica de los hábitos: iniciarlos y eliminarlos.

En el concepto de los hábitos radica la resistencia al cambio que muchas personas exhiben hacia nuevas formas de operar los negocios. Esta resistencia es una manera de expresar un miedo hacia lo desconocido, o a lo que puede sacarlo a uno de una zona de comodidad a la que ha llegado sin hacer más que lo absolutamente necesario para mantenerse en un empleo.

¿Por qué algunos pueden y otros no?

Las empresas que logran cambios se caracterizan por contar con una combinación exitosa de esfuerzos, como los siguientes:

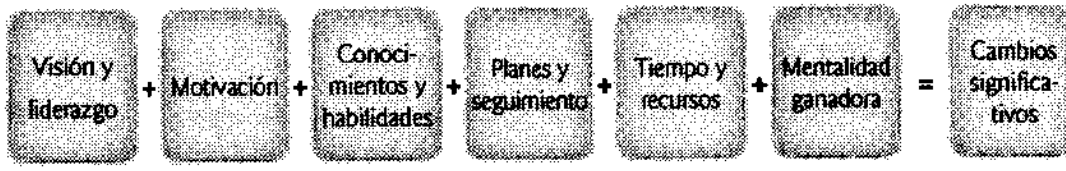


Figura 1.4

Ante la ausencia de alguno de estos componentes, es muy probable que los cambios duren poco, o que no generen los resultados esperados.

Si no hay visión ni liderazgo, habrá incertidumbre ante los nuevos retos que afronte la empresa; sin motivación, los cambios tardarán mucho en producirse; sin el conocimiento y las habilidades para poner en marcha las iniciativas, se producirá un sentimiento de frustración pues tendremos todos los elementos, pero no sabremos cómo concretarlos; sin planes y su debido seguimiento, solamente tendremos salidas en falso y tarde o temprano los programas quedarán olvidados como otro proyecto más; sin el tiempo y los recursos, solamente habrá buenas intenciones, pero no tendremos el poder de cambiar las cosas; por último, sin una mentalidad ganadora, mediante la cual desde antes de empezar podamos imaginar el futuro de la empresa con cambios significativos, difícilmente obtendremos resultados extraordinarios. Es necesario que en todos los integrantes de la organización se impregne una

mentalidad ganadora y que se lleven a cabo proyectos apoyados en personas que crean en sí mismas y que tengan sensibilidad.

Calidad personal

Ésta es la base de todas las calidades. Para poder pensar en la calidad de nuestros productos, primero necesitamos que haya calidad en las personas. Ello permitirá tener calidad en los departamentos, y con esto lograremos calidad en los procesos. La calidad en los productos o servicios será el resultado final de todo este ciclo. Tendremos calidad sólo si la exigimos, y es por ello que este gran esfuerzo debe iniciar en las personas.

Si queremos empresas exitosas, necesitamos contratar gente con esa mentalidad. Requerimos gerentes sanos y fuertes que irradien esa vitalidad en los demás. La experiencia es un componente necesario, pero lo son más el sentido común y la capacidad para tomar buenas decisiones con base en la información disponible. La edad no es lo importante, sino la creatividad y el entusiasmo por aprender y dar lo mejor de sí en esa gran empresa que es el trabajo, donde pasamos la tercera parte de nuestra vida.

Aplicaciones de los conceptos *Lean*

Se han desarrollado diversas aplicaciones que se usan no sólo en la manufactura, sino también en los servicios.

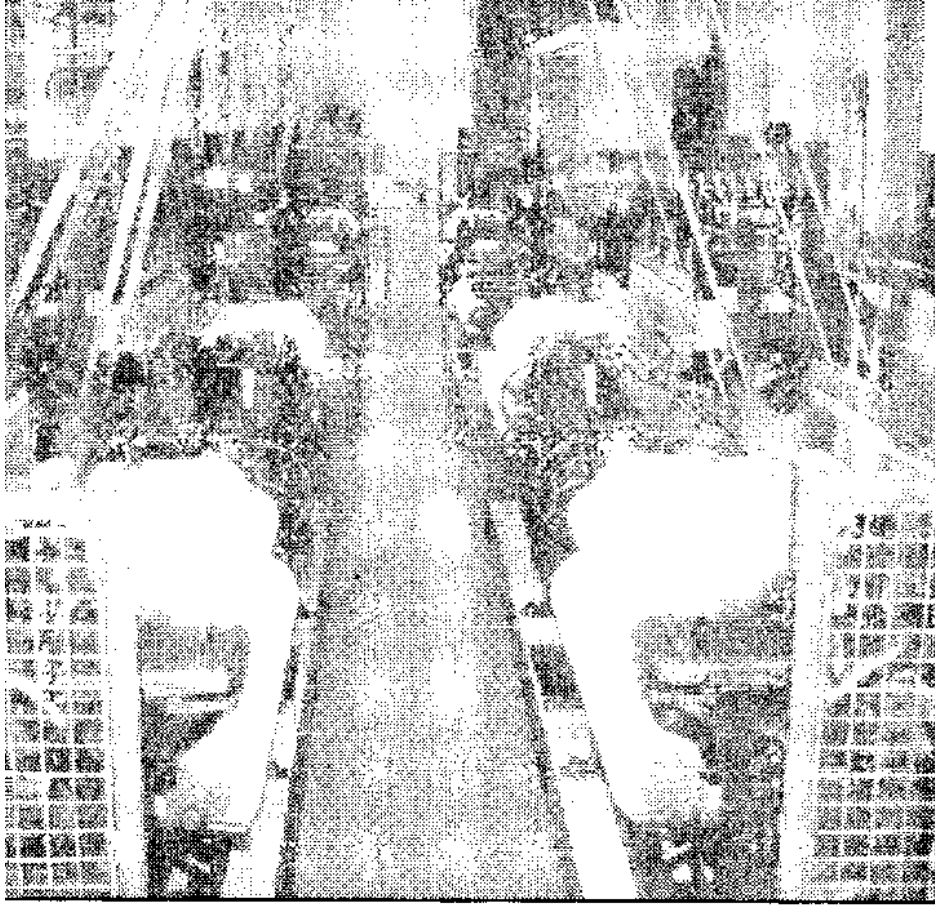
Actualmente estos conceptos y herramientas se aplican exitosamente en las siguientes áreas:

- *Lean Manufacturing* (Manufactura ágil)
- *Lean Government* (Gobiernos ágiles)
- *Lean Office* (Oficinas ágiles)
- *Lean Healthcare* (Hospitales ágiles)
- *Lean Hotel* (Hoteles ágiles)
- *Lean Design* (Diseño ágil)
- *Lean Logistics* (Logística ágil)
- *Lean Accounting* (Contabilidad ágil)

La aplicación específica tiene como objetivo mejorar procesos, cualesquiera que éstos sean, y eliminar las prácticas desperdiciadoras que existen en casi cualquier proceso.

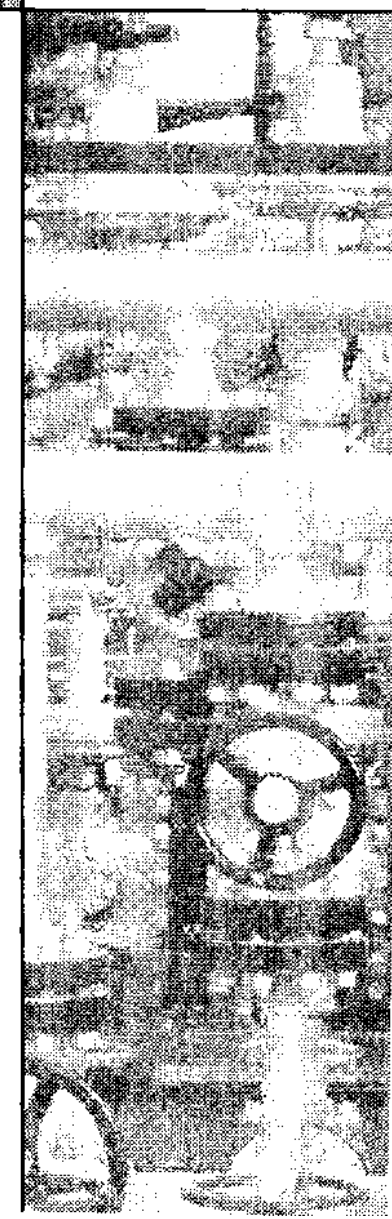
Compromiso

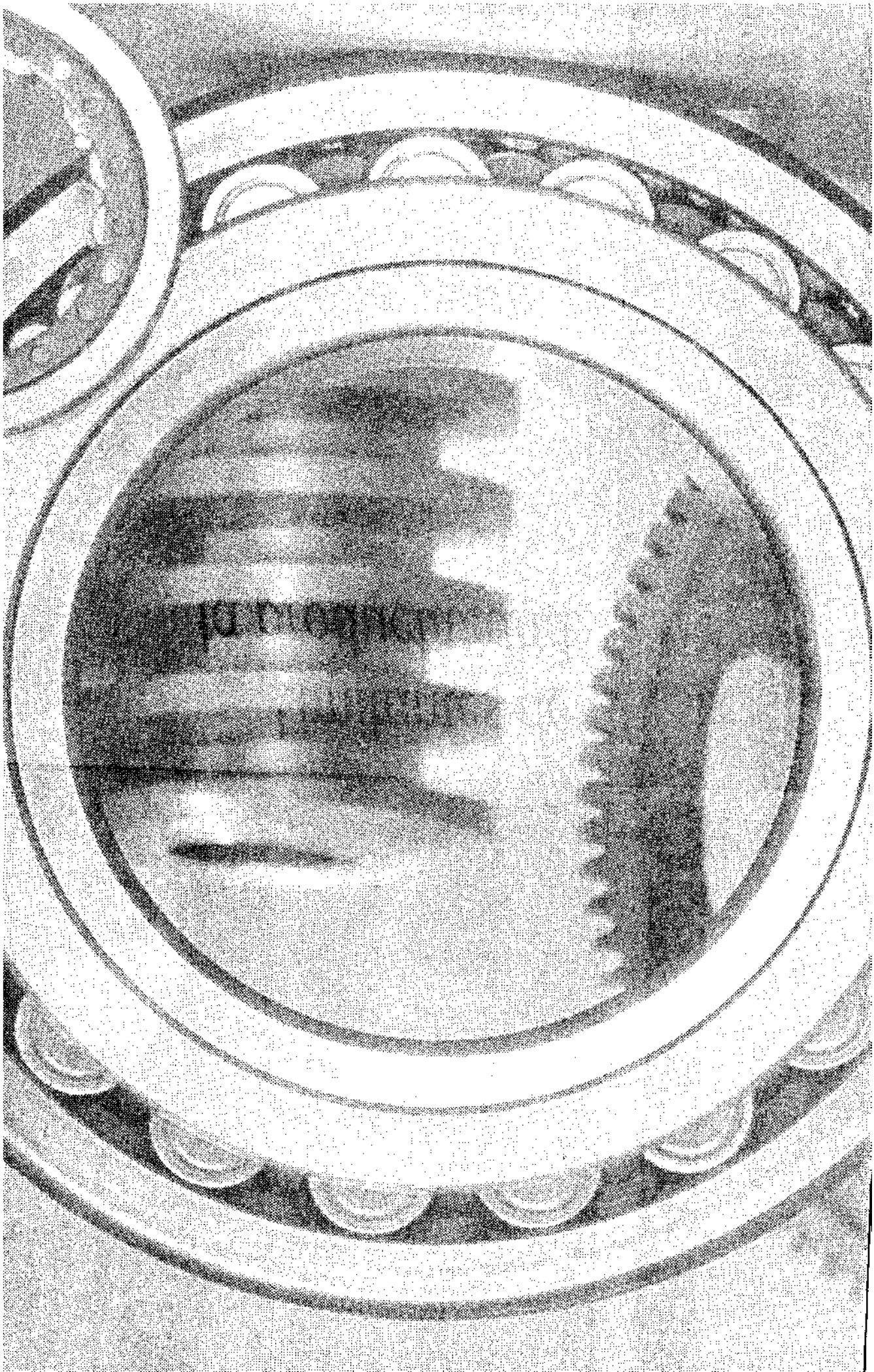
En tiempos de alta competitividad en los negocios, en donde grandes corporaciones desaparecen sólo por descuidos en su manera de pensar y ejecutar, y también en donde empresas pequeñas encuentran la forma de ser las mejores gracias a su mentalidad y forma de trabajo, nos damos cuenta de que solamente la velocidad con calidad puede construir economías fuertes y sólidas, fruto de productos y servicios diseñados con creatividad. Por ello, el compromiso de los que toman decisiones todos los días, las cuales marcan el rumbo de nuestras empresas y nuestros países, es fundamental en este mundo competitivo y global.



CAPÍTULO 2

Limitantes de la productividad





La productividad

Si bien en la actualidad se habla mucho sobre la productividad, en realidad muy pocos son los que conocen su significado y, sobre todo, cómo medirla para poder mejorarla.

En un mundo global, en donde la competitividad se ha convertido en la mayor arma estratégica, muchas empresas se esfuerzan por aumentar sus ventas, disminuir sus costos y mejorar su imagen, pero son pocas las que realmente están logrando resultados tangibles.

En este capítulo analizaremos las principales limitantes de la productividad y estableceremos formas para detectarlas y combatirlas. Revisaremos la manera en que las restricciones de un sistema productivo limitan el logro de las metas.

Modelo de productividad

En todo negocio, sea una empresa de transformación o de servicios, se cuenta con una serie de insumos que se resumen en cuatro grandes grupos básicos: los materiales, las máquinas, la mano de obra, los métodos y el medio ambiente. Muchos autores han coincidido en referirse a ellos como las 5 M's. Es importante reconocer que cada uno de estos grupos es muy diferente a los otros, pero existe un factor común inherente a todos ellos: el dinero. Es tan evidente que lo anterior implica un costo, que muchas empresas con problemas de liquidez tratan de reducir ese costo "destajando" las 5 M's: despidiendo personal, reduciendo la

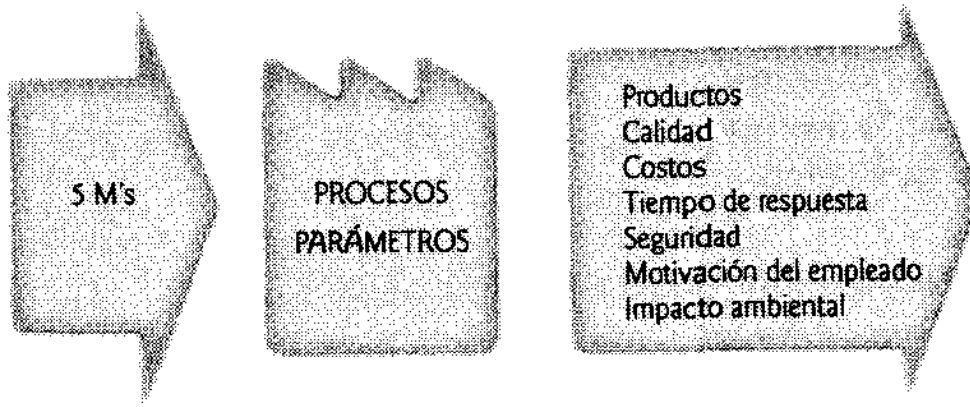


Figura 2.1

calidad de los materiales, reduciendo el mantenimiento de la maquinaria, etc. Sin embargo, ha quedado plenamente demostrado que estos recortes a las 5 M's sólo producen un impacto inmediato en el estado de resultados, pero no resuelven el problema a mediano plazo. Recordemos que la principal fuente de pérdidas en los procesos son los desperdicios, y éstos no se resuelven simplemente despidiendo personal; por el contrario, en ocasiones esto genera nuevos desperdicios y los costos respectivos.

Si seguimos la cadena de valor, dentro de la empresa estas 5 M's (digamos "lo que entra al negocio") se combinan y transforman en productos o servicios mediante procesos definidos. Estos procesos deberán ser estandarizados por medio de parámetros específicos que describan claramente la forma de obtener el desempeño deseado de cada proceso, permitiendo así el control del mismo. Como resultado de los procesos se generan varias salidas (es decir, "lo que sale del negocio"): los productos que se elaboran, la calidad de los mismos, su costo, el tiempo que toma elaborarlos, los accidentes o no accidentes que ocurren como consecuencia de los procesos, la motivación de la gente, así como el impacto de los procesos en el medio ambiente. La relación entre dichas salidas y los insumos es lo que conocemos como productividad. La mejora de la productividad es la obtención de mejores resultados de un proceso. En pocas palabras: "hacer más con menos".

De acuerdo con este modelo, es evidente la importancia de los procesos en la productividad y, por ende, en la implementación de *Lean Manufacturing*. La productividad, como vimos, es la relación entre los resultados y los insumos, y es en los procesos donde los insumos se transforman en resultados. Es aquí donde se hace evidente la importancia del dominio de los procesos, entendiendo que lograr ese dominio implica conocerlos, controlarlos y mejorarlos.

Cómo medir la productividad

$$\textbf{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}}$$

En esta fórmula las salidas corresponden a los productos que se generan y las entradas a la cantidad de recursos que ingresan al sistema.

Ejemplo

Queremos conocer la productividad en una empresa que produce 332,650 piezas por mes, y cuyos costos son los siguientes:

Mano de obra = 50,000 dólares.
Maquinaria = 10,000 dólares.
Métodos = 2000 dólares.
Materiales = 20,000 dólares.

$$\textbf{Productividad} = \frac{332{,}650 \text{ unidades}}{\$82{,}000} = \textbf{4.05 unidades/dólar.}$$

Si en el siguiente periodo la empresa produce lo mismo o más pero invirtiendo menos recursos, entonces la productividad estará aumentando.

La productividad es un indicador importante y se debe medir constantemente para conocer el verdadero estado de las mejoras.

Los grandes desperdicios y sus generadores

"No hay nada más inútil que hacer eficiente algo que no debería hacerse."

Los mercados actuales se están fortaleciendo mediante la formación de grandes bloques comerciales, eliminando en muchos casos barreras arancelarias entre países y mejorando los costos y el tiempo de respuesta del transporte de mercancías y de la transferencia de información. En pocas palabras, los cambios de las economías se están produciendo a una velocidad vertiginosa. En estos ambientes de competencia, "perder el tiempo" en la empresa es impensable. Por ello, es vital que la dirección y los empleados inviertan sus esfuerzos todos los días únicamente en actividades que agreguen valor para los clientes, dejando a un lado lo que represente costosos desperdicios.

Para muchos resultará una sorpresa saber que, en la mayoría de los casos, sólo de 5 a 10% de todas las actividades que se desarrollan en las empresas agregan valor; el resto es desperdicio. Si

somos capaces de eliminar progresivamente estos desperdicios, comprenderemos el éxito de las empresas que están marcando la diferencia en cuanto a competitividad.

El gran problema es que estos desperdicios son la razón principal de la baja competitividad de aquellas empresas que en la actualidad están cerrando, y no se dan cuenta de ello. Buscan superar sus problemas de liquidez despidiendo personal o modificando la calidad de sus insumos, pero no atacan los desperdicios. La causa de estos desperdicios radica generalmente en políticas y formas de pensar impuestas en el pasado que no han sido revisadas, ya no se diga mejoradas.

Una vez que se aprenda a observar y descubrir los desperdicios, la cultura de la empresa irá eliminando paulatinamente estas pérdidas de tiempo, retrasos, esfuerzos extra y costos elevados. Por ello, quienes inicien esta gran tarea se verán ampliamente recompensados, tanto en el futuro de sus empresas como en su vida personal.

Como consecuencia de los desperdicios en los procesos, es común que se deriven otras pérdidas, siendo éstas más evidentes que los mismos desperdicios. Entre las pérdidas más comunes se encuentran la pérdida de tiempo, la pérdida de capacidad, la pérdida de recursos y, finalmente, la pérdida de oportunidades.

Requisitos para la eliminación del desperdicio

- Tener un fuerte liderazgo.
- Tener la convicción de que es necesario apoyar la capacitación continua.
- Contar con un equipo de gerentes adecuado a la realidad actual.
- Tener una visión clara del futuro de la organización.
- Contar con una administración participativa.
- Tener planes y estrategias bien definidos.
- Difundir las estrategias entre todo el personal.
- Tomar conciencia de cuáles son los desperdicios que afectan a la empresa.
- Reconocer el impacto que esos desperdicios tienen sobre la empresa.

- Convencer plenamente a todo el personal sobre la importancia de eliminar sistemáticamente los desperdicios.

Tres limitantes de la productividad

En un proceso se utilizan materiales, personas, recursos naturales, tecnología y recursos financieros que dan como resultado un producto o servicio. En todo proceso se realizan ciertas actividades de transformación cuya eficacia se mide por sus indicadores de productividad, tal como se explicó en párrafos anteriores.

Sin embargo, en los negocios la productividad no es infinita. Ésta se ve afectada por una gama muy amplia de problemas que limitan los resultados que se pueden obtener a partir de los recursos disponibles. Los ingenieros japoneses han clasificado estas limitantes en tres grupos a los que llamaron las 3 "Mu", debido a que todas inician con la sílaba mu:

MURI = Sobrecarga
MURA = Variabilidad
MUDA = Desperdicio

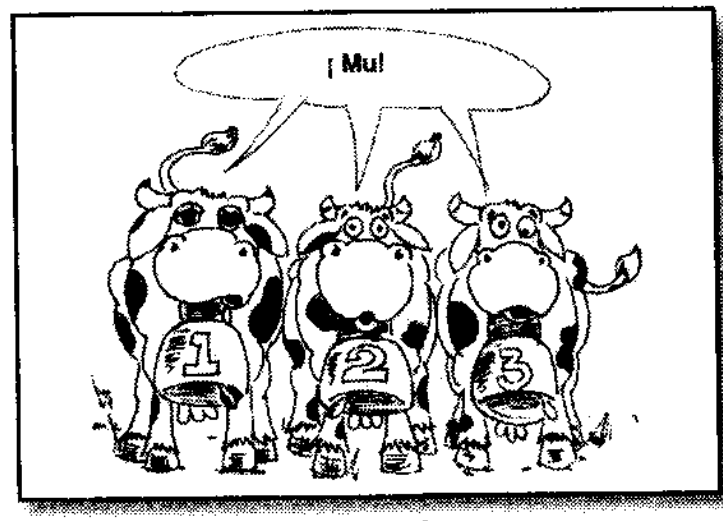


Figura 2.2

Sobrecarga o *muri*

La productividad de los negocios y las personas disminuye cuando se les impone una carga de trabajo que rebasa su capacidad. Si a los operadores se les exige que produzcan por arriba de sus límites normales, o cuando a las máquinas se les hace producir por encima de su capacidad, se provoca un agotamiento de los recursos más valiosos de la organización, disminuyendo así la productividad.

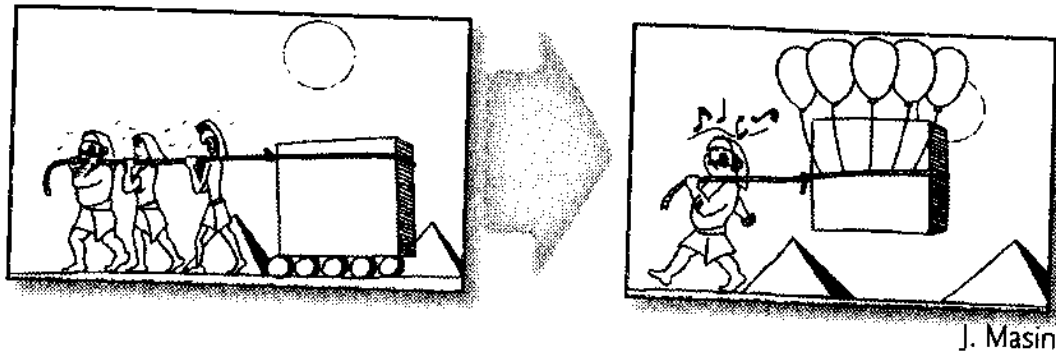


Figura 2.3

Variabilidad o *mura*

Se refiere a la falta de uniformidad generada desde los elementos de entrada de los procesos, como los materiales, las especificaciones, el entrenamiento, las habilidades, los métodos y las condiciones de la maquinaria; esto produce, a su vez, una falta de uniformidad en los procesos, lo que se traduce en la generación de productos o servicios que tampoco son uniformes, es decir, muestran variabilidad. Esta variación puede o no causar problemas a nuestros clientes, por lo que es importante reconocer el tipo de variación y si ésta es natural. Cuando la variabilidad de un cierto proceso y de sus resultados es natural, se dice que el proceso está controlado. Pero si se introduce una fuente de variación nueva al proceso, entonces se dice que el proceso se salió de control. La variabilidad es el tema central de estudio y control de metodologías estadísticas como el Control Estadístico de Procesos o Seis Sigma.

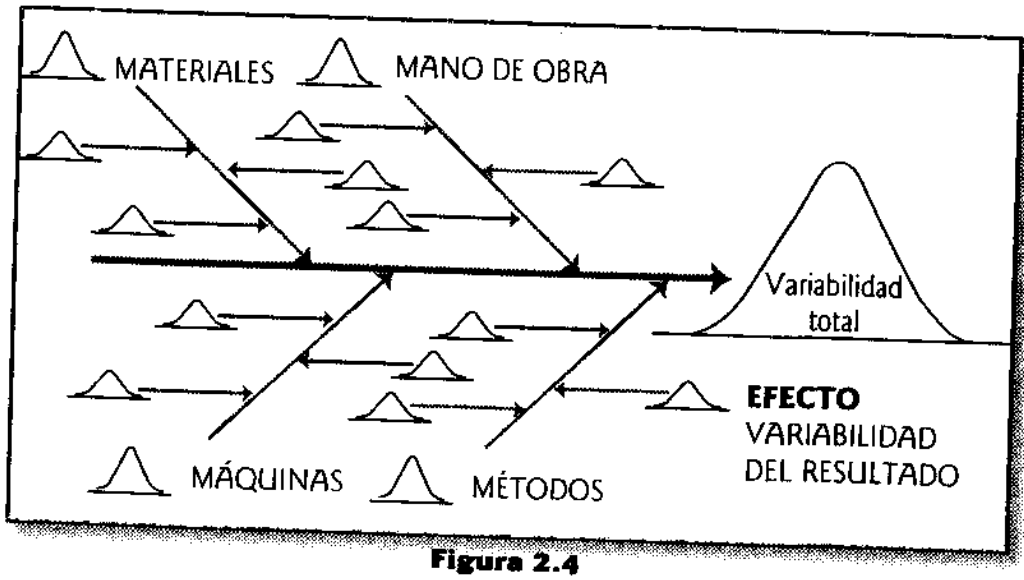


Figura 2.4

Desperdicios o *mudas*

La mejor traducción de la palabra japonesa *muda* debería ser "exceso". Los siete tipos de desperdicio que afectan negativamente la productividad deben ser bien entendidos, detectados y eliminados o minimizados todos los días en empresas e instituciones.

Uno de los principales objetivos de *Lean Manufacturing* es conocer, detectar y eliminar sistemáticamente todos los desperdicios en la industria, ya que diariamente reducen la capacidad de las empresas y representan un reto para administradores, gerentes y empleados en general.

Para entender lo que es un desperdicio, es conveniente explicar primero qué son las actividades que agregan valor (VA por sus siglas en inglés). Las VA son aquellas que producen directamente un cambio que el cliente desea, al grado que esté dispuesto a pagar por ese esfuerzo. Desperdicio o exceso será cualquier otro esfuerzo realizado en la empresa que no sea absolutamente esencial para agregar valor al producto o servicio tal como lo requiere el cliente. Estos esfuerzos aumentan los costos y disminuyen el nivel de servicio, con lo cual afectan los resultados obtenidos en el negocio. Toyota clasifica en siete grandes grupos los desperdicios o *mudas*:

1. *Muda* de sobreproducción.
2. *Muda* de sobreinventario.
3. *Muda* de productos defectuosos.
4. *Muda* de transporte de materiales y herramientas.
5. *Muda* de procesos innecesarios.
6. *Muda* de espera.
7. *Muda* de movimientos innecesarios del trabajador.

1. Sobreproducción

Sobreproducir significa básicamente:

- Producir más de lo que se necesita.

- Producir más rápido de lo que se requiere.
- Manufacturar productos antes de que se necesiten.

Características de la sobreproducción

- Inventario acumulado.
- Exceso de equipo de gran capacidad.
- Flujo desbalanceado de material.
- Espacio excesivo para almacenamiento.
- Más mano de obra que la necesaria.
- Administración compleja de inventarios.
- Demasiada capacidad instalada/inversión.
- Grandes espacios en el piso.
- Problemas ocultos.
- Sensación de ambiente de trabajo inseguro.
- Obsolescencia de los materiales.
- Lotes de fabricación de un tamaño excesivo.
- Fabricación anticipada.

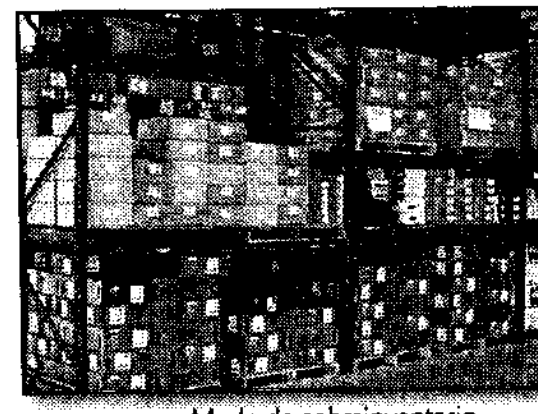
Causas de la sobreproducción

- La producción se adelanta "por si acaso" (*Just In Case*).
- La comunicación entre departamentos y/o con el cliente es mala, o no existe.
- La optimización de las máquinas se hace en forma individual, sin tener una visión global de la cadena de valor.
- Automatización de operaciones que no lo requieren.
- Cambios y reajustes muy lentos.
- Prácticas de contabilidad de costos inadecuadas para la toma de decisiones en piso.
- Insuficiente mantenimiento preventivo.
- Falta de consistencia en la programación de la producción.
- Enfoque en las expectativas optimistas de los pronósticos de venta.
- Procesos con capacidad potencial muy baja.

2. *Sobreinventario*

El sobreinventario es cualquier material, producto en proceso o productos terminados que exceden a lo que se necesita para satisfacer la demanda del cliente.

Por lo común, los inventarios se generan para evitar las siguientes ineficiencias:



Muda de sobreinventario.

- Pronósticos erróneos sobre la demanda esperada.
- Desequilibrio en la producción.
- Poca confianza en que no haya descomposturas en la maquinaria empleada para la producción.
- Desconocimiento de la capacidad real de producción.
- Producir para aumentar la eficiencia de equipos o áreas individuales.
- Procesos o máquinas separados por grandes distancias.
- División del trabajo por lotes, lo que lentifica el proceso.
- Productos defectuosos que hay que sustituir mediante un aumento en la producción.
- Campañas masivas de retrabajo cuando los defectos salen a flote.
- Tiempos muy altos para cambio de producto o preparación de máquinas.
- Distribución inadecuada de la planta.
- Altos colchones de producto sin plan de producción entre los procesos, con lo cual se ocultan los problemas.

Características de los sobreinventarios

- Espacios grandes en el andén de recepción de materias primas.
- Permanencia de las primeras entradas, en lugar de aplicar el principio "primeras entradas, primeras salidas".

- Grandes cantidades de producto en espera de ser procesadas.
- Grandes áreas destinadas al almacenamiento de producto (materias primas, materiales, producto en proceso y producto terminado).
- Tiempos prolongados de proceso cuando se implementan cambios de ingeniería.
- Necesidad de recursos adicionales para el manejo de los materiales (hombres, equipo, estantes, almacenes, espacios, sistemas).
- Baja rotación de inventarios.

Causas de los sobreinventarios

- Escaso conocimiento de la velocidad con la que se presenta la demanda real.
- Procesos inadecuados para satisfacer los requerimientos y especificaciones de los clientes.
- Cuellos de botella sin control.
- Capacidad insuficiente de los proveedores.
- Programación excesiva de tiempo extra.
- Malas decisiones administrativas.
- No se logra la optimización del trabajo de la gente y de los centros de trabajo.
- Bonos de productividad mal aplicados.

3. *Productos defectuosos*

Esta *muda* se refiere a la pérdida de los recursos empleados para producir un artículo o servicio defectuoso, ya que se invirtieron materiales, tiempo-máquina y, lo más importante, tiempo de una persona para realizar un trabajo que, a fin de cuentas, no sirvió para agregar valor al cliente. Es algo similar a lo que ocurre cuando se quema un pastel al hornearlo: se desperdician ingredientes, gas y el trabajo de los cocineros; todo va a dar a la basura, incluidos el tiempo y dinero invertidos.

En este rubro entran también los retrabajos, ya que si bien el defecto puede ser corregido, el retrabajo implica realizar una o más tareas dos o más veces, incurriendo así en más gastos y en la pérdida de disponibilidad de los recursos de la empresa.

Características que generan los defectos

- Exceso de operarios dedicados a inspeccionar, retrabajar o reparar.
- Inventario acumulado específicamente para ser retrabajado.
- Flujo complejo del producto dentro de la planta.
- Producto o servicio de calidad cuestionable.
- Fallas en los embarques y en las entregas.
- Poca interacción entre cliente y proveedores.
- Pocas ganancias debido a los retrabajos, desechos y costos por primas de fletes urgentes y devoluciones.
- La organización se vuelve reactiva: se "apagan fuegos".

Causas de los defectos y retrabajos

- Procesos ineficientes.
- Variación excesiva en el proceso de producción.
- Incapacidad de los proveedores.
- Falta de control del proceso.
- Falta de control de los errores del operario.
- Decisiones administrativas inadecuadas.
- Capacitación inadecuada.
- Equipo y herramientas inadecuados.
- Distribución inadecuada de la planta o manejo excesivo de los materiales.
- Altos niveles de inventario.
- Malas condiciones ambientales.
- Falta de cultura de calidad.
- Falta de liderazgo en el tema de la calidad.
- Desconocimiento de las causas de los problemas.

4. *Transporte de materiales y herramientas*

Esta *muda* consiste en todos aquellos traslados de materiales que no apoyan directamente el sistema de producción. Mover los productos de un lado a otro de la planta no se traduce en un cambio significativo para el cliente, pero sí implica un costo, e incluso pone en riesgo la integridad del producto. Cabe aclarar que nos referimos en este caso al transporte dentro de las instalaciones de la empresa, y no a la entrega del producto a los clientes o centros de distribución.

Características del transporte

- Exceso de equipo para transportar materiales en montacargas.
- Exceso de bandas transportadoras, rampas o tuberías.
- Demasiados sitios de almacenamiento.
- Exceso de estantes o *racks* para materiales.
- Mala administración de los inventarios.
- Inadecuado diseño y aprovechamiento de las instalaciones.
- Mal control de los inventarios.
- Demasiado personal para el transporte de materiales.
- Distancias largas entre procesos y almacenes.

Causas del transporte

- Fabricación de lotes de producción muy grandes.
- Programas de producción inconsistentes y con muchos cambios.
- Falta de programas de producción.
- Falta de organización en el lugar de trabajo.
- Distribución inadecuada de las instalaciones.
- Cambios en los productos sin hacer los cambios correspondientes en los procesos.
- Adquisición de máquinas más eficientes de lo necesario.
- Inventario excesivo de productos en proceso.

- Inversión en horas extras de producción sin contar con un programa definido.

5. *Procesos innecesarios*

Si bien dentro de la empresa podemos encontrar siempre muchos procesos bien estandarizados, éstos no siempre agregan directamente valor para el cliente. Muchos de los trabajos son consecuencia de las necesidades del taller (como el cambio de un troquel de una prensa), de la calidad de la manufactura (como la inspección de un artículo antes de enviarlo a la siguiente estación) o de la mala planeación de las entregas (como desempacar la materia prima antes de iniciar la producción). El manejo adecuado de este tipo de desperdicio va desde su eliminación total, su combinación con otro proceso que sí agregue valor, su reducción o hasta su simplificación. Los ingenieros de planta se refieren a este proceso como ECRS (Eliminación, Combinación, Reducción, Simplificación).

Características de los procesos innecesarios

- Presencia de cuellos de botella en el proceso.
- Falta de especificaciones claras por parte del cliente.
- Exceso de inspecciones o verificaciones.
- Falta de equipos con dispositivos a prueba de errores.
- Algunas estaciones permanecen detenidas mientras se hace trabajo administrativo.
- Información excesiva (en el proceso se cuenta con muchos documentos que no se utilizan).

Causas de los procesos innecesarios

- Mala comprensión de los procesos.
- Se realizan cambios en ingeniería sin efectuar los cambios correspondientes en el proceso.
- Tecnología nueva mal utilizada.
- Toma de decisiones en niveles inadecuados.

- Políticas y procedimientos inadecuados.
- Falta de información de los requerimientos del cliente, así como de sus especificaciones.
- No se cuenta con una definición del proceso productivo, ni del flujo del proceso.

6. *Espera*

Espera improductiva.

Esta *muda* se refiere al tiempo que se pierde cuando un operador espera a que su máquina termine su trabajo, cuando las máquinas se detienen en espera de que el operador haga algún ajuste, o incluso cuando tanto el operador como la máquina están en espera de materiales, herramientas o instrucciones. Todo esto implica un consumo de tiempo que no agrega valor, y constituye el más común de todos los desperdicios en la industria.

Características de la espera

- El operador espera a que la máquina termine su ciclo de procesamiento.
- La máquina espera a que el operario termine su ciclo.
- Los tiempos necesarios para el cambio de un producto o para la preparación de una máquina obligan a esperar a la gente.
- Un operario espera a otro operario para poder empezar o terminar su trabajo.

- El operario y la máquina están en espera de instrucciones, de un programa o de materiales.
- Despreocupación por las fallas de los equipos.
- Paros inesperados de equipo.

Causas de la espera

- Mala programación de la producción.
- Poco control de la producción.
- Desequilibrio de las operaciones.
- Falta de programación de los cambios de producto.
- Programación inadecuada de tiempos extras.
- No se cuenta con la maquinaria adecuada.
- Se emplea demasiado personal.
- El trabajo se organiza por departamentos y existe demasiada especialización.
- Falta de programas de capacitación en multihabilidades.
- Falta de capacitación de los operadores.

7. *Movimientos innecesarios del trabajador*

Muda de movimientos innecesarios del trabajador.

Esta *muda* se refiere al traslado de personas de un punto a otro en su lugar de trabajo o en toda la empresa, sin que ello sea indispensable para aportar valor al producto y sin que contribuya a la transformación o beneficio del cliente. Si observamos con cuidado cada ciclo de un trabajador, encontraremos fácilmente este tipo de desperdicio: si contamos sus pasos o seguimos sus rutas (algo a lo que no estamos acostumbrados), descubriremos que muchas veces el trabajador camina más de lo necesario. Otro

ejemplo muy común de este desperdicio son las búsquedas de herramientas, materiales o información. Todos esos movimientos, además de los indispensables para el cliente, toman tiempo y, por ende, reducen la productividad de los procesos.

Características de los movimientos innecesarios del trabajador

- Se emplea mucho tiempo en localizar materiales.
- Se emplea mucho tiempo en localizar personas e instrucciones.
- Se emplea mucho tiempo en localizar herramientas.
- Se realizan movimientos innecesarios al agacharse o caminar.
- Se realizan esfuerzos para alcanzar las herramientas o materiales en cada ciclo de trabajo.

Causas de los movimientos innecesarios del trabajador

- Distribución inadecuada de la planta.
- Mala organización del área de trabajo.
- Métodos de trabajo mal definidos o sin actualizar.
- Lotes de producción grandes.
- Los equipos o las personas no trabajan a su máxima capacidad.
- Poco control de la producción.

Otros grandes desperdicios

Además de los siete grandes grupos de desperdicios propuestos por Toyota, es importante presentar otros cuya detección también puede ser de utilidad en los negocios, ya sean industriales o de servicios.

- Desperdicio de energía (sea ésta electricidad, combustibles o vapor).
- Gastos excesivos por falta de liderazgo y control.
- Mala administración financiera.
- Desperdicio en el diseño: se elaboran productos que cuentan con más funciones de las necesarias.

- Mala comunicación.
- Desperdicio de talento.
- Políticas erróneas u obsoletas.

Desperdicio de energía

Es muy común que las empresas desperdicien energía sin darse cuenta. La energía generalmente es un fluido que se transforma en trabajo; éste puede ser electricidad, gases, combustibles, etcétera.

Características del desperdicio de energía

- Muchas fugas de aire en la planta.
- Instalación inadecuada de las máquinas, cableados, redes, etcétera.
- Tierras físicas mal instaladas o ausentes.
- Mala sincronización del arranque de los equipos.
- Mala iluminación de espacios de trabajo.
- Utilización de luz eléctrica durante días soleados.
- Uso indiscriminado de equipos sin ser necesario.
- Fugas de agua que requieren constante bombeo.

Causas del desperdicio de energía

- Instalaciones deficientes u obsoletas.
- Falta de mantenimiento al sistema de distribución de energía.
- Falta de mantenimiento a equipo de soporte y maquinaria de procesos.

Gastos excesivos por falta de liderazgo y control

La falta de control debido a un liderazgo pobre genera un enorme desaprovechamiento de talento, recursos, etc. Por ello, se requieren líderes que realmente sepan escuchar a sus clientes, empleados y proveedores, que conozcan los procesos y la problemática de sus empresas y, sobre todo, que aporten conocimiento, motivación y confianza.

Características de los gastos excesivos por falta de liderazgo y control

- Personal sin definición de puestos.
- Mala selección de personal competente.
- Resultados pobres en el desempeño operacional y financiero.
- Personal insatisfecho.
- Nulo conocimiento.

Causas de los gastos excesivos por falta de liderazgo y control

- Calidad ética y profesional deficiente en los líderes de la empresa.
- Mala salud integral de los gerentes.
- Poca preparación para tomar decisiones.
- Información poco confiable para la toma de decisiones.

Mala administración financiera

La contabilidad tradicional a veces se utiliza sólo para satisfacer requisitos con la autoridad fiscal o con los gerentes y accionistas, por lo que no se reconoce la gran importancia que tienen los indicadores financieros, administrativos y operacionales para la toma de decisiones.

Características de la mala administración financiera

- Poco conocimiento de los procesos y sus variantes.
- Sensación de que se vende más, pero se gana menos.
- Las cuentas por pagar superan a las cuentas por cobrar.
- Información incompleta para la toma de decisiones.

Causas de la mala administración financiera

- Personal incompetente en las áreas de administración y finanzas.
- Sistema de información poco útil o inexistente.

Desperdicio en el diseño

Características del desperdicio en el diseño

- Se producen demasiados cambios de producto en la fase de producción.
- Proceso muy complicado debido a un diseño poco manufacturable.
- Altos costos de proceso debido a un mal diseño.

Causas del desperdicio en el diseño

- Falta de técnicas de diseño para manufactura.
- Diseño pensado sólo para lucir y no para fabricar.
- Poca interacción entre ingenieros, cliente y diseñadores.

Mala comunicación

En muchas organizaciones existen diversos medios tecnológicos para mejorar la comunicación, como Internet, telefonía celular, etc. Sin embargo, ello no necesariamente garantiza una buena comunicación, pues es posible constatar que muchas veces se trabaja para obtener resultados apoyándose en información incorrecta, incompleta o falsa, y en muchas ocasiones se ha perdido el contacto directo con las personas y ya no es posible interactuar con ellas.

Características de la mala comunicación

- Personal que no tiene claras sus funciones.
- Objetivos que no conocen todos los miembros de la organización.
- Malas relaciones humanas.
- Incertidumbre en la toma de decisiones.
- Falta de información para la toma de decisiones.

Causas de la mala comunicación

- Poca habilidad gerencial para comunicar objetivos.
- Mal diseño de los medios de comunicación.

- Medios inadecuados para integrar la comunicación.
- Poca comunicación directa entre las personas (sólo se usa la tecnología).

Desperdicio de talento

No siempre se aprovechan adecuadamente los conocimientos de las personas, las valiosas experiencias que han ido acumulando a lo largo de su vida profesional, su creatividad, ni sus ideas innovadoras.

Características del desperdicio de talento

- El personal siente que se le toma poco en cuenta.
- Inseguridad cuando se trata de proponer ideas nuevas.
- Pocas o ninguna sugerencia de mejora al año por parte del personal.
- Ambiente de inestabilidad y alta rotación.

Causas del desperdicio de talento

- No se toman en cuenta las opiniones de las personas.
- No existe un sistema adecuado de sugerencias.
- Los líderes toman como algo personal las sugerencias, lo que las convierte en quejas.
- Poca capacidad receptiva y de liderazgo en la dirección.

Políticas erróneas u obsoletas

Ésta es una de las áreas de oportunidad más grandes y menos costosas para la mejora de una empresa, ya que revisando constantemente las políticas de trabajo se evita que se vuelvan obsoletas o limiten la productividad.

Características de las políticas erróneas u obsoletas

- Decisiones basadas en políticas establecidas y no en necesidades reales.

- El personal toma decisiones sin estar totalmente convencido de que sean las mejores.
- Se requiere demasiado tiempo para resolver los problemas.
- El personal gerencial invierte demasiado tiempo en juntas.

Causas de las políticas erróneas u obsoletas

- No hay una revisión fundamental de las políticas ni de la razón de su existencia.
- Los directivos caen en la costumbre y la ceguera de taller.
- Falta de interés por cambiar las formas de hacer las cosas.
- Se hace poco análisis de las mejores prácticas de la industria.

El peor de todos los desperdicios: la sobreproducción

Desde sus inicios, *Lean Manufacturing* partió de la premisa de que el peor de todos los desperdicios es la sobreproducción. Esto puede ejemplificarse con un río en cuyo fondo hay grandes rocas, como se muestra en la figura de la página siguiente. Este ejemplo permite visualizar el impacto de la sobreproducción y el sobreinventario en los resultados de un negocio. En la figura se observa un barco que está atravesando el río. Para que este barco pueda navegar hacia el faro, la profundidad del agua medida desde el fondo deberá ser mayor que la altura de las rocas. Pues bien, el ofrecer un nivel de servicio satisfactorio para el cliente equivale a que el bote logre cruzar el río, en tanto que cada roca representa un problema de productividad. En otras palabras, para evitar que los problemas de productividad afecten el nivel de servicio al cliente, es necesario mantener un inventario que amortigüe el impacto que pudiera generar a nivel de servicio una máquina descompuesta o un error en un pronóstico, por ejemplo.

Figura 2.5

Si bien mantener el río lo suficientemente profundo parecería ser una solución lógica, en realidad tiene por lo menos dos inconvenientes. El primero —pero no el más importante— es que el mantenimiento de los inventarios (la profundidad del agua) es bastante costoso, además de que estanca los recursos de la empresa, incrementa el apalancamiento financiero y requiere espacio, seguros, administración y manipulación de los artículos. Pero esa lista, según los ingenieros de Toyota, no es el principal problema. El mayor problema generado por la sobreproducción y el sobreinventario es que a la larga ocultan los problemas importantes.

Es natural que en las empresas se considere como "normal" la existencia de cierto nivel de inventario. Si seguimos con el ejemplo del río y las rocas, un navegante que siempre ha cruzado el río sin chocar nunca con las rocas, después de cierto tiempo dejará de prestarles atención (si es que alguna vez lo hizo) y acabará por considerarlas como parte natural del paisaje. Lo mismo sucede con los problemas de productividad, pues, al no impactar directamente en el nivel de servicio al cliente, se crea la falsa idea de que no hay problemas en la empresa o que éstos son parte natural del "paisaje" del negocio. Lo que hay que tener presente es que esos problemas de productividad (las rocas), lejos de ser

inofensivos, implican un elevado costo económico, así como costos en cuanto a oportunidades.

Este modelo presentado por Toyota fue la causa de que muchos autores hayan interpretado erróneamente el *Just In Time* como un sistema de administración de inventarios que busca reducir éstos a cero. Si analizamos adecuadamente el modelo, veremos que el inventario es sólo un indicador de la cantidad de problemas presentes en los procesos, pero no es el objeto de estudio del sistema. El objeto de estudio son los problemas en sí, es decir, las rocas. Se trata entonces de mejorar la productividad eliminando problemas presentes en los procesos (sacando rocas del río), lo que se traducirá en costos más bajos, mejor calidad y respuestas más rápidas al cliente.

Qué hacer para eliminar estos desperdicios

Para detectar los desperdicios generados, es necesario que la empresa haga un análisis exhaustivo de cada uno de ellos, para lo cual debe utilizar la guía de detección de desperdicios para detectar áreas de oportunidad de manera general. Esto debe hacerse visitando directamente el sitio real donde se hace el trabajo (los japoneses lo llaman *Gemba*, que significa "lugar de los hechos").

La guía servirá para documentar los desperdicios encontrados a simple vista y en colaboración con el personal que trabaja en cada área. Por ello, es muy importante que se explique a todos el análisis que se llevará a cabo.

Programa de sugerencias de todo el personal

Para que un proceso de eliminación de prácticas desperdiciadoras y el efecto de *Lean Manufacturing* se manifiesten en una reducción de costos y tengan éxito, es necesario que todos los empleados de la organización aporten ideas de mejora en todas las áreas de la empresa y que la responsabilidad sea compartida.

Para entender mejor este concepto sería útil preguntarnos cuántas mejoras propone cada empleado al año, al mes o a la semana. Es aquí donde radica el verdadero secreto de las organizaciones que crecen más allá de los límites establecidos por las prácticas comunes de administración de empresas. Basta con poner

en práctica un programa de sugerencias en el que cada empleado aporte al menos una sugerencia de mejora al mes durante el primer año, dos al mes para el segundo y así sucesivamente. Si multiplicamos 12 sugerencias por el número de empleados, serán de 1200 a 12,000 sugerencias de mejora al año en una empresa, la cual tendrá entonces un enorme potencial convertido en realidad.

Es importante procurar que las mejoras propuestas no necesariamente impliquen gastos y que sean motivadas por la creatividad y la autosatisfacción de aportar algo bueno para el lugar de trabajo. Ello se traducirá en una mayor satisfacción para el trabajador, que no tendrá la sensación de realizar un trabajo monótono y sin retos.

Para poner en práctica esta sugerencia, recomendamos implementar un sistema visual que permita observar las sugerencias en el lugar mismo donde éstas se encuentran. Para ello se usa una tarjeta de oportunidad y se coloca el talón correspondiente en el tablero de sugerencias que se muestra a continuación.

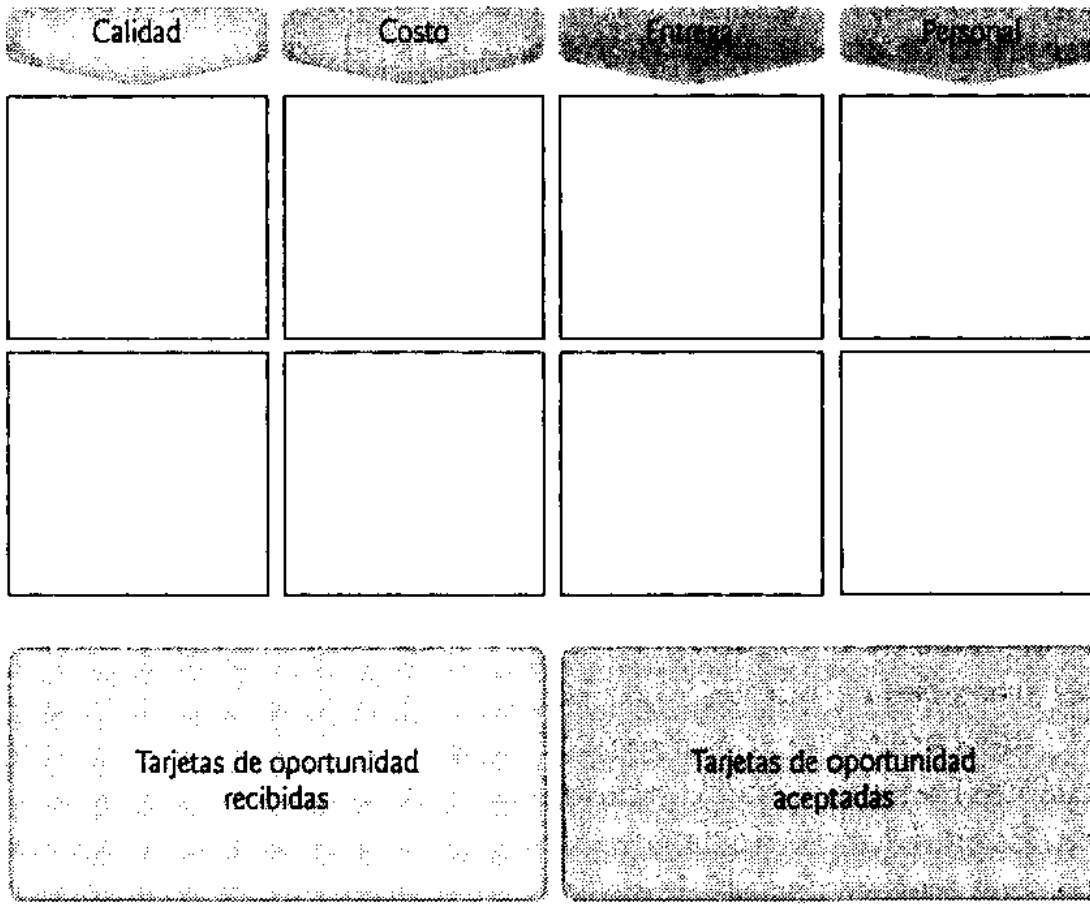


Figura 2.6

Este ejemplo consta de un tablero de resultados que contiene secciones para calidad, costo, entrega y actividades relacionadas con el personal. También hay un espacio para pegar las tarjetas de oportunidad recibidas y uno donde se ponen aquellas que fueron aprobadas.

El principio de reducción de costos

En la mayoría de las empresas que utilizan un modelo tradicional de trabajo es normal que sólo del tres al cinco por ciento de sus actividades agregue valor. Lo anterior representa una gran oportunidad para generar proyectos de alto valor. Como sabemos que la presión para reducir costos es una prioridad de la dirección y que es más fácil decirlo que hacerlo, el proceso tradicional de reducción de costos se limita a despedir personal y reducir gastos que supuestamente son superfluos.

En el sistema tradicional para fijar el precio normalmente se parte del costo y se le agrega un margen de utilidad deseado. Cuando el costo aumenta, simplemente se aumenta el precio y se mantiene el margen de utilidad.

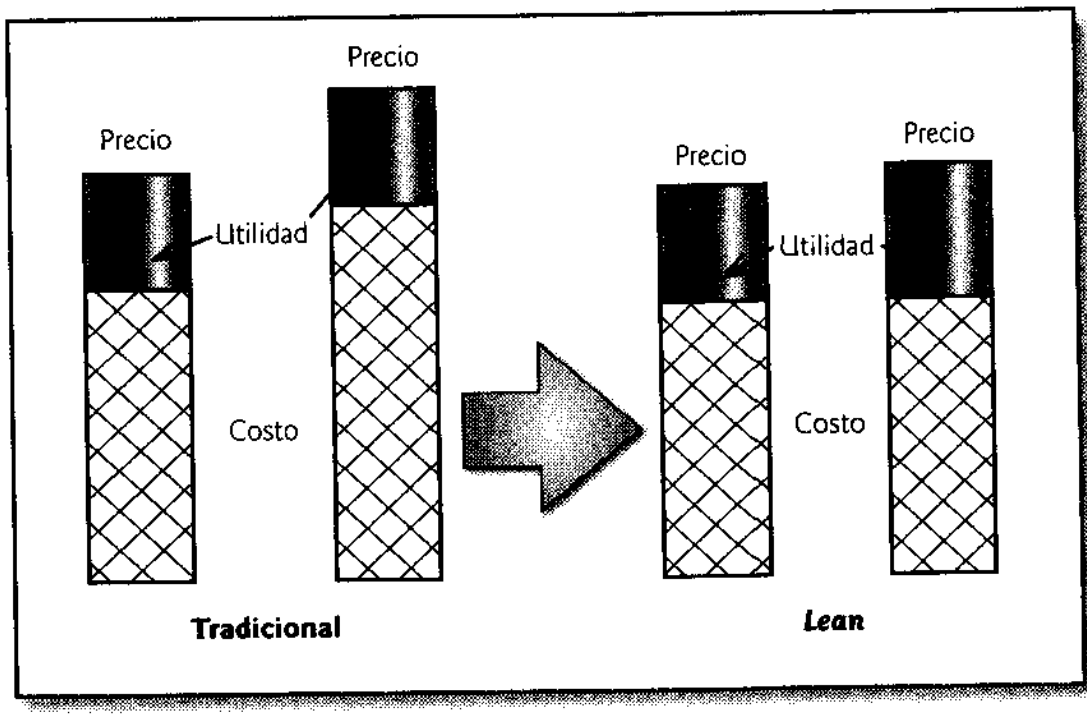


Figura 2.7

En el caso de la Manufactura de Clase Mundial, hay que tomar en cuenta que ahora el mercado es el que fija los precios, y más

que aumentar, éstos tienden a disminuir. Por ello es necesario diseñar un programa vigoroso de reducción de costos que nos permita mejorar la utilidad sin subir los precios. La única manera de mantener competitiva a una empresa es tener un control detallado de los costos y esforzarnos continuamente por reducirlos, o cuando menos no permitir que aumenten.

Ejercicio de aplicación

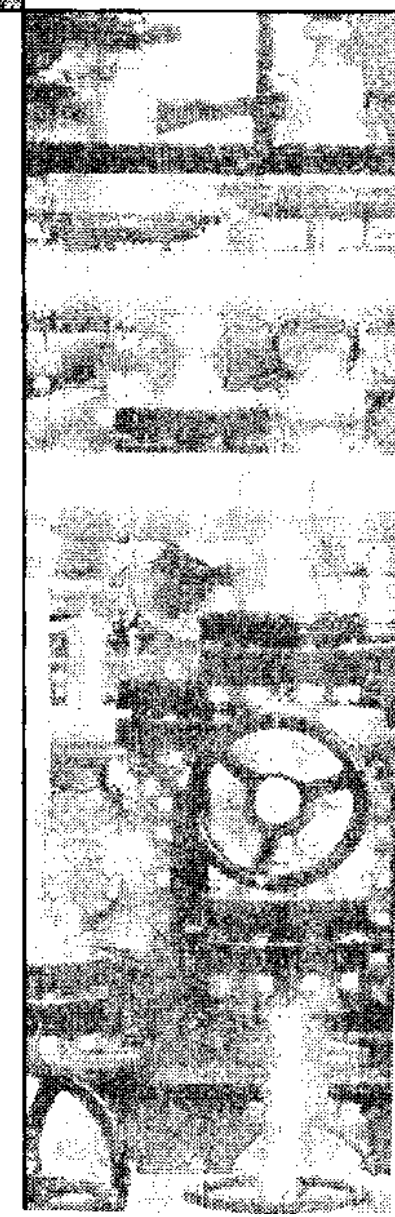
Para detectar y documentar los grandes desperdicios y oportunidades sugerimos utilizar las tarjetas de oportunidad (vea la forma 6.2 del capítulo 6), en donde se detalla el tipo de desperdicio y se documenta la clasificación (A, B, C).

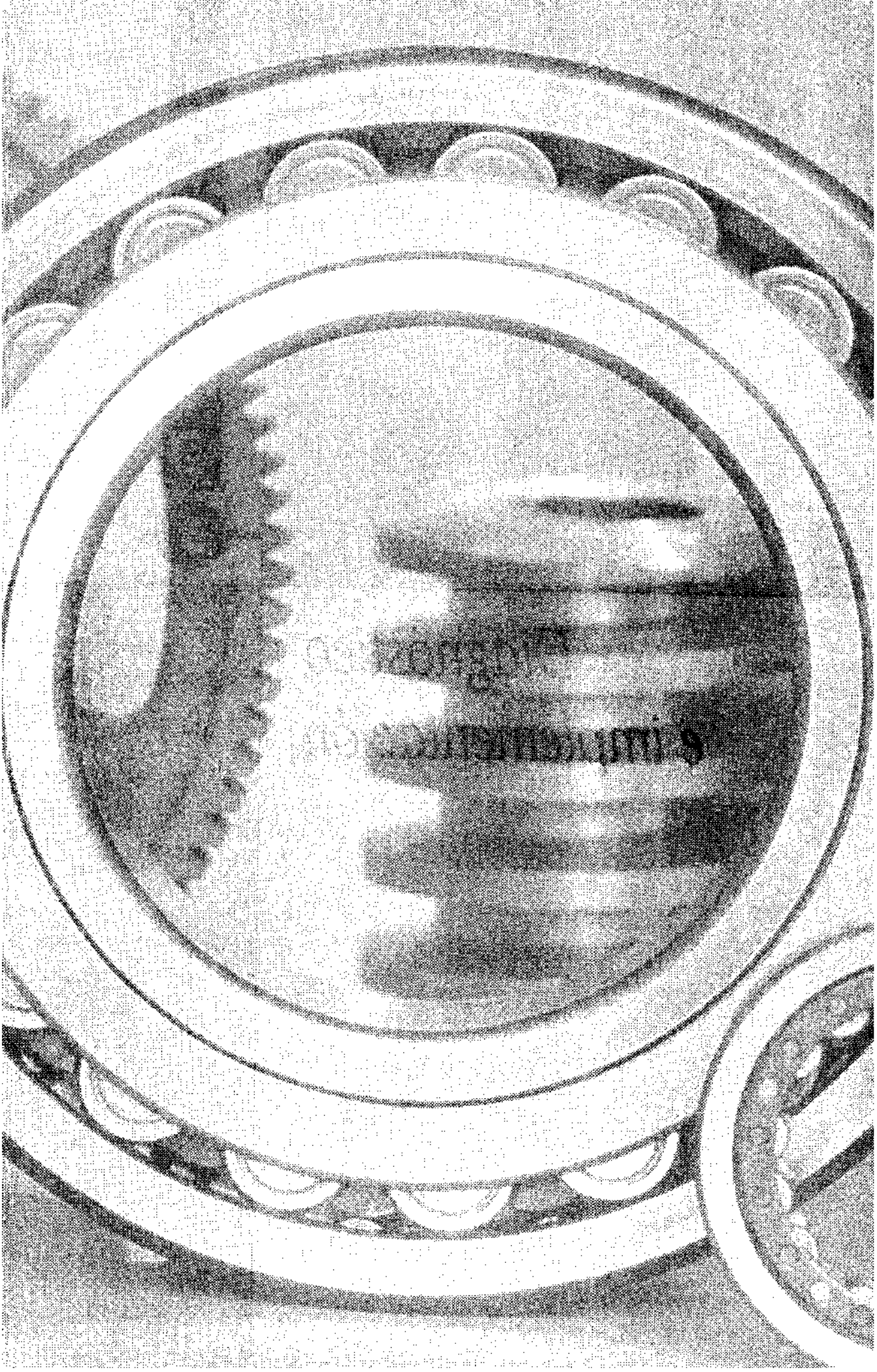
Es recomendable formar equipos multidisciplinarios y hacer con regularidad visitas a campo en compañía de esos equipos para identificar los desperdicios y fuentes de variación y riesgo antes descritos.

Una vez que los miembros del equipo identifican los desperdicios, se procede a hacer un plan para la eliminación de éstos. Se pueden utilizar para ello las hojas de actividades (forma 6.3). Lo más valioso de este ejercicio es que se convierte en un hábito mediante el cual todos contribuyen a la detección de las limitantes de la productividad.

CAPÍTULO 3

Diagnóstico e implementación





Presentación

En este capítulo analizaremos el proceso de implementación de *Lean Manufacturing* en empresas de manufactura. Como siempre es más probable fracasar que tener éxito, el propósito de este capítulo es aclarar el panorama de la implementación, los factores de éxito y los factores de riesgo.

Normalmente las empresas que deciden emprender actividades de *Lean Manufacturing* tienen el firme propósito de lograr una transformación exitosa, o cuando menos obtener resultados significativos que permitan valorar si estos esfuerzos serán de utilidad para la compañía.

Es muy importante considerar tres elementos clave para el éxito de la implementación:

1. *Lean Manufacturing* es un proyecto estratégico.
2. La estructura organizacional debe estar preparada para trabajar con las herramientas *Lean*.
3. Todos los empleados deben estar comprometidos con la implementación.

1. *Lean Manufacturing* es un proyecto estratégico porque tendrá fuerte impacto en los gastos y, por ende, en los resultados financieros de las empresas. Por ello, deberá estar incluido en el plan estratégico de la compañía. Además, para elaborar un buen plan es preciso conocer a fondo el nivel de madurez de los procesos con respecto a una empresa *Lean*. Normalmente este tipo de proyectos es producto de una moda: el proyecto del mes o del año, y no necesariamente está vinculado con los objetivos estratégicos ni con las metas del negocio. Por tal motivo, aquellas empresas que no se manejen estratégicamente, irremediablemente terminarán siendo un proyecto fallido más.

2. La estructura organizacional representa un gran reto para la implementación porque normalmente las empresas tienen una organización de tipo funcional, es decir, por departamentos, cada uno de los cuales se encarga de realizar ciertas funciones ajenas a

las de otro departamento. En los procesos productivos, las áreas se mantienen divididas de acuerdo con sus procesos, por lo que hay que respetar las líneas de autoridad para no afectar intereses de otras áreas. La departamentalización genera un exceso de burocracia, al grado de que parecería que existe una competencia entre departamentos en vez de que la competencia sea entre las empresas. Además, las personas se centran en los resultados de sus departamentos y en quedar bien con los jefes de las áreas, más que en la obtención de resultados globales en las empresas.

3. Todos los empleados deben estar comprometidos con la implementación. Cuando en la implementación sólo se toma en cuenta a gerentes, jefes o ingenieros, es muy probable que ésta tarde demasiado en completarse, dado que la responsabilidad de la misma es asumida sólo por unas cuantas personas, y no por todo el personal. Aunque iniciar la implementación con un grupo de personal clave es muy importante, habrá que considerar la integración gradual de todos los niveles de la organización.

La necesidad de entender los números

Al poner en marcha un proyecto de superación empresarial, a veces cuesta trabajo saber si los esfuerzos emprendidos realmente están cumpliendo su objetivo. Esto sucede porque es difícil entender todo lo que pasa en una organización, dada la gran cantidad de variables implicadas y la diversidad de métodos usados para interpretar los datos. Por ello, es muy importante definir los indicadores que servirán para interpretar lo más importante que suceda en una organización. En el siguiente capítulo se presentará un método para elaborar planes estratégicos. Al definir cuantificadores de las directrices y de las estrategias de dichos planes, estaremos definiendo precisamente los indicadores clave que permitirán conocer el comportamiento de nuestras acciones, proyectos, decisiones, etc. Por lo tanto, la correcta definición de un cuadro de indicadores clave será el inicio de un proceso de

aprendizaje continuo y de la toma de decisiones mediante la interpretación a corto plazo del significado de los métricos. Este proceso se esquematiza como sigue:

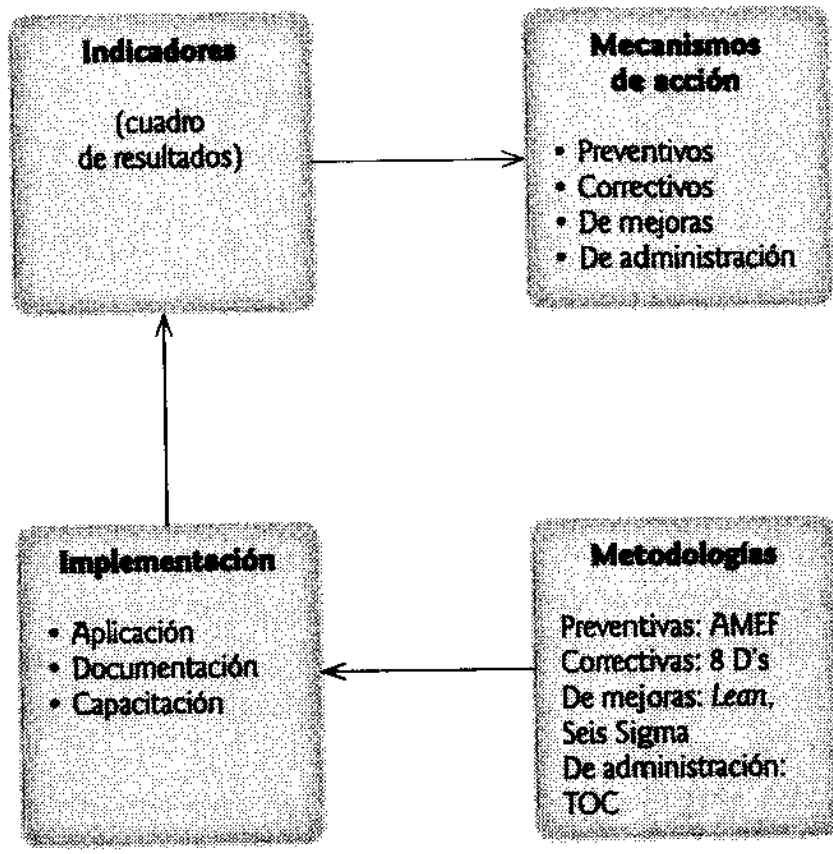


Figura 3.1

En este modelo podemos ver que la definición de los indicadores clave del negocio (vea el capítulo 4) permitirá realmente tomar decisiones basadas en información relevante y fresca. Tomemos como ejemplo un indicador: entregas a tiempo (figura 3.2), el cual muestra la tendencia y que en un periodo comprendido entre la semana 8 y la 11 se presentó un problema, pues las entregas se salieron de la tendencia y se produjeron varios retrasos.

En este caso se aplica primero el mecanismo de acción correctiva, pues como existe una desviación en las entregas, es necesario restablecer la situación a la normalidad. Para ello se puede aplicar la metodología de las 8 disciplinas (8 D's). Una vez corregida la desviación, se puede utilizar un mecanismo preventivo para evitar que se vuelva a presentar.

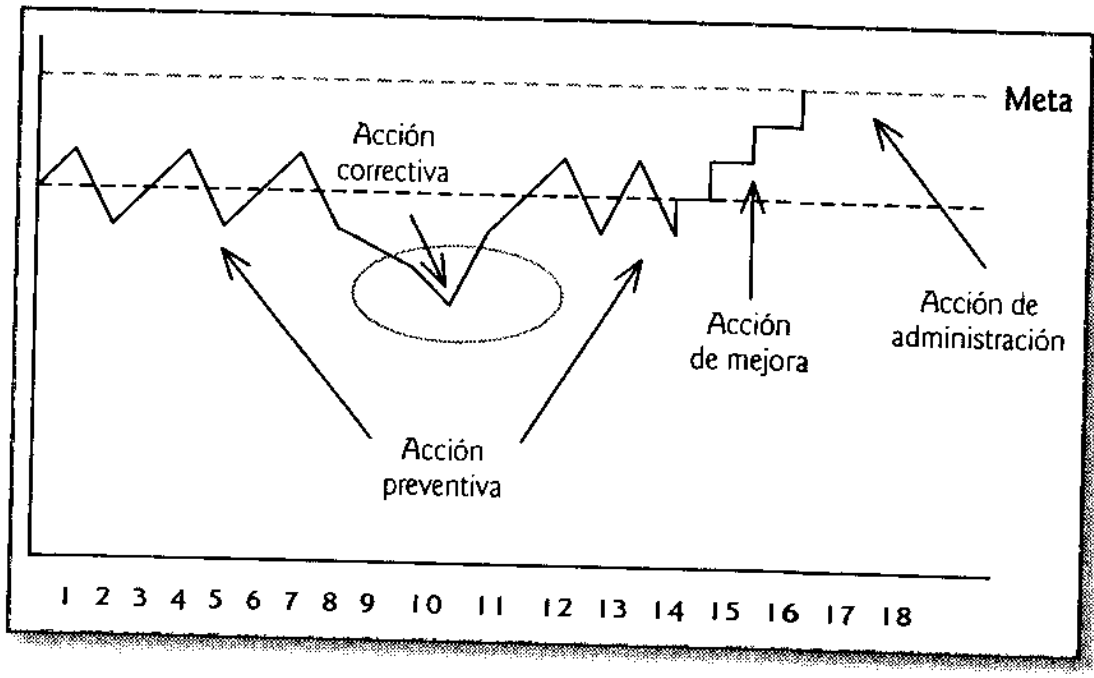


Figura 3.2

La acción de mejora se usa cuando se observa que la meta no se ha alcanzado y se requiere un esfuerzo extra para lograrla. En este caso, las herramientas *Lean* se utilizan para elevar los niveles de resultados. La acción de administración consiste en mantener las mejoras o los resultados.

Una vez elegidas la metodología y las herramientas, lo más importante será implementarlas siguiendo un plan, trabajando en equipo, documentando las actividades y sus resultados y enseñando lo aprendido a quien se encargue de dar seguimiento a estas acciones. Después hay que volver al indicador para saber si los resultados obtenidos en el cuadro de resultados indican la existencia de cambios y nuevas conductas.

Diagnóstico *Lean*

Antes de hacer un plan para la implementación de *Lean Manufacturing*, es muy importante establecer las condiciones actuales de todos los procesos clave de la organización mediante un diagnóstico que comprende las siguientes etapas:

1. Estrategia de la compañía.
2. Estructura.

3. Diseño.
4. Logística.
5. Operaciones.
6. Contabilidad y finanzas.

Este diagnóstico debe ser realizado por directivos de la compañía y personal clave que conozcan a fondo la realidad de cada uno de los escenarios que se presenten. Participarán varias personas que consultarán sus dudas con quien tenga un mejor conocimiento de la realidad. De ser necesario, la información será corroborada por personas que también estén relacionadas con el tema.

En cada una de estas etapas se analizan con detalle los siguientes conceptos:

1. Estrategia
   - Planeación.
   - Comunicación.
   - Seguimiento.
   - Control.

2. Estructura
   - Organización.
   - Personal.
   - Información.

3. Diseño
   - Necesidades del cliente.
   - Diseño del producto.
   - Diseño del proceso.
   - Diseño del control del proceso.

4. Logística
   - Proveedores.
   - Clientes.
   - Inventario.
   - Planeación de producción.

5. Operaciones
   - Prevención.

- Solución de problemas.
- Mejora continua.
- Orden y limpieza.
- Control visual.
- Flujo de proceso.
- Cambios de producto.
- Mantenimiento.
- Calidad.
- Control de material.
- Control de producción.
- Medición del desempeño.

6. Contabilidad y finanzas
   - Contabilidad financiera.
   - Contabilidad administrativa.
   - Contabilidad operacional.

Interpretación y uso del diagnóstico

El diagnóstico permitirá establecer un punto de partida en la implementación, así como la estrategia correspondiente. La interpretación consistirá simplemente en observar en cada punto del diagnóstico en dónde estamos en un momento dado y cuál es el siguiente paso. Es importante mencionar que no se trata de avanzar muy rápidamente de un punto al mejor, sino de irlo haciendo gradualmente hasta madurarlo y llegar a la meta, sin tropiezos ni salidas en falso.

El resultado del diagnóstico se utilizará para formular los planes y estrategias que se abordarán en el siguiente capítulo, el cual trata sobre la estrategia *Hoshin Kanri*.

Fases de la implementación de un proyecto *Lean*

Fase 0. Tradicional: preparación.
Fase 1. Aplicación: crear un flujo continuo en áreas piloto.
Fase 2. Administración por cadenas de valor.
Fase 3. Organizaciones *Lean:* pensamiento esbelto.

Figura 3.3

El camino *Lean* requiere un claro entendimiento de la situación actual y que haya un buen plan estratégico y un equipo directivo comprometido y bien preparado. La etapa piloto sirve para darnos cuenta de lo que implica la implementación y para adquirir un primer aprendizaje a escala de los errores, para conocer realmente la personalidad de la organización y para que todos en la organización vean el poder de la transformación. En la etapa de cadenas de valor, la estructura organizacional se convierte en la base de la implementación dado que se establece una forma de trabajar administrada por procesos y no por departamentos funcionales, se aplica lo aprendido en todas las áreas de la organización, se implementa la logística, y la contabilidad *Lean* apoya ofreciendo indicadores y criterios para la toma de decisiones basada en resultados e información relevante. La etapa final se caracteriza por lograr el compromiso de todos, por tener el conocimiento como uno de los mayores valores y por establecer un sistema de administración de conocimiento que le permita a la organización tener el control documental de problemas, mejoras, medios de prevención y todo

lo que sea relevante para su correcta operación. Además, en una empresa *Lean* las condiciones laborales en todos los niveles reflejan el firme compromiso de aportar valor a la sociedad.

En la siguiente explicación veremos un esquema en el que se muestran en rectángulos punteados el concepto y la secuencia de implementación, y en rectángulos continuos las actividades específicas.

Fase 0. Tradicional: preparación

Duración: 1-3 meses.

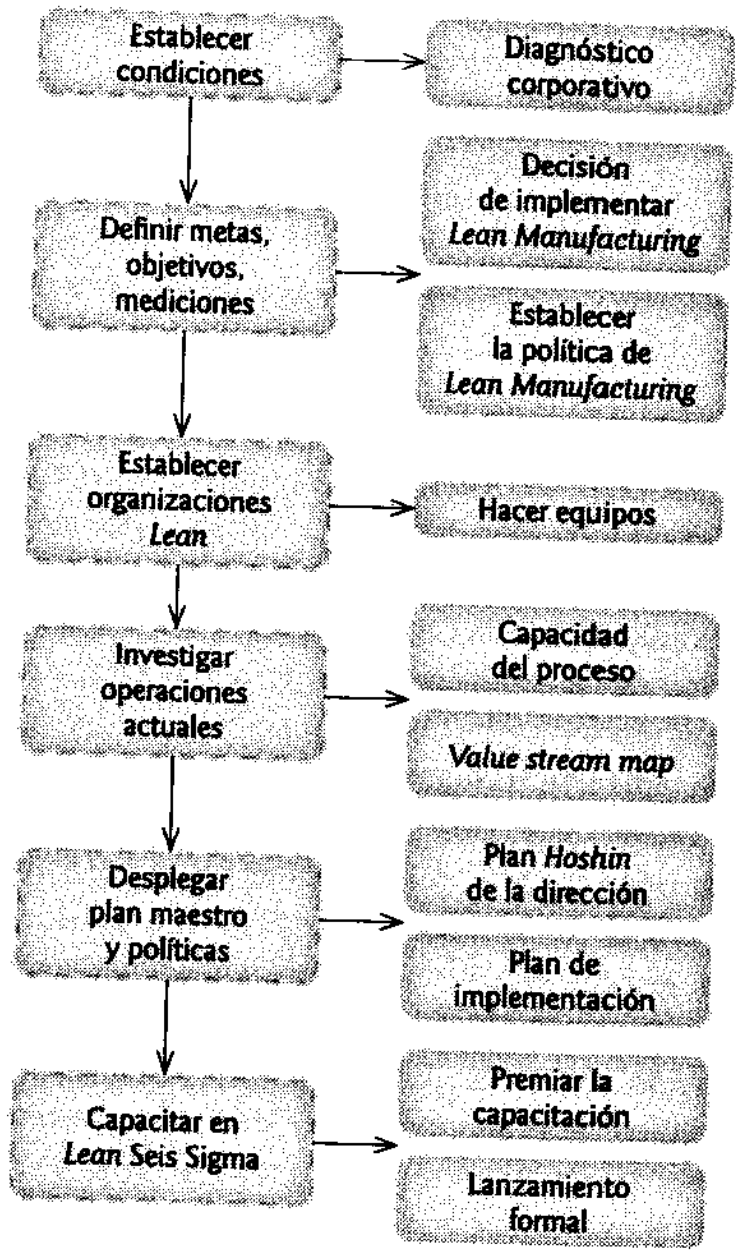


Figura 3.4

Actividades principales:

- Realización de diagnóstico *Lean*.
- Entrenamiento en las metodologías *Lean*.
- Entrenamiento inicial en *Lean Accounting*.
- Establecimiento de responsables y equipos de inicio.
- Establecimiento de la capacidad de los procesos.
- Realización del mapa de la cadena de valor.
- Establecimiento del plan estratégico (*Hoshin Kanri*).
- Establecimiento del plan de implementación.
- Establecimiento de las bases e inicio de las 5's.
- Mapeo de los procesos (*value stream map*).
- Comunicación de la estrategia *Lean* a todos.

Participantes:

- Director general.
- Directores de los departamentos funcionales.
- Responsables de recursos humanos.
- Líderes de implementación.
- Personal elegido para los equipos de inicio.

Principales obstáculos:

- Resistencia al cambio por parte de algunos directivos.
- Miedo a lo desconocido.
- Postergación de los planes y del inicio.

Principales ventajas:

- Reto al cambio.
- Necesidad de aprender algo nuevo.
- Nueva dinámica de negocio y cambio.

Fase 1. Aplicación: crear un flujo continuo en áreas piloto

Duración: 4-6 meses.

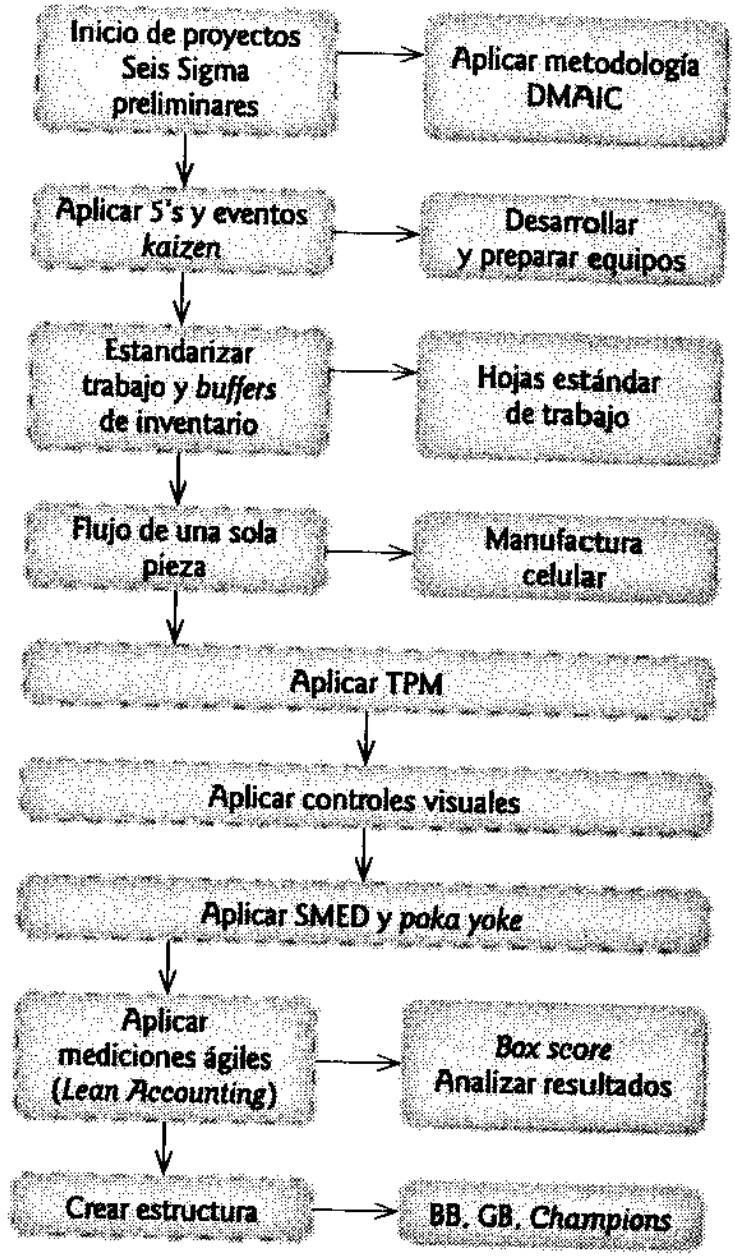


Figura 3.5

Actividades principales:

- Establecimiento de proyectos piloto con la metodología.
- Aplicación de las 5's en la empresa.
- Preparación de la estructura para recibir el *Lean*.
- Implementación de trabajo estandarizado.
- Aplicación piloto de Mantenimiento productivo.
- Aplicación piloto de Manufactura celular.
- Balanceo de trabajo.

- Aplicación piloto de Cambios rápidos.
- Aplicación piloto de A prueba de errores.
- Aplicación piloto de *kanban*.
- Aplicación de *Lean Accounting* de esta etapa.
- Inicio de programas de certificación
  - de proveedores.
  - de empleados.
- Inicio de entrenamiento multitareas a operadores.
- Inicio de la logística *Lean* entre proveedores y clientes.

Participantes:

- Director general.
- Directores de los departamentos funcionales.
- Contadores y financieros.
- Responsables de recursos humanos.
- Líderes de implementación.
- Patrocinadores.
- Operadores.
- Ingenieros de procesos y calidad.
- Personal de mantenimiento.
- Planeación.

Principales obstáculos:

- Resistencia al cambio del personal en general.
- Mala aplicación de los conocimientos.
- No se dedica el tiempo necesario.

Principales ventajas:

- Se empiezan a ver algunos resultados positivos.
- Inicia la competitividad interna por entregar mejores resultados.
- Mejora el trabajo en equipo.

- Existe un mejor entendimiento de las técnicas y la estructura.
- Los resultados despiertan un mayor interés por parte de la dirección.

Fase 2. Administración por cadenas de valor: fase inicial

Duración: 12 meses.

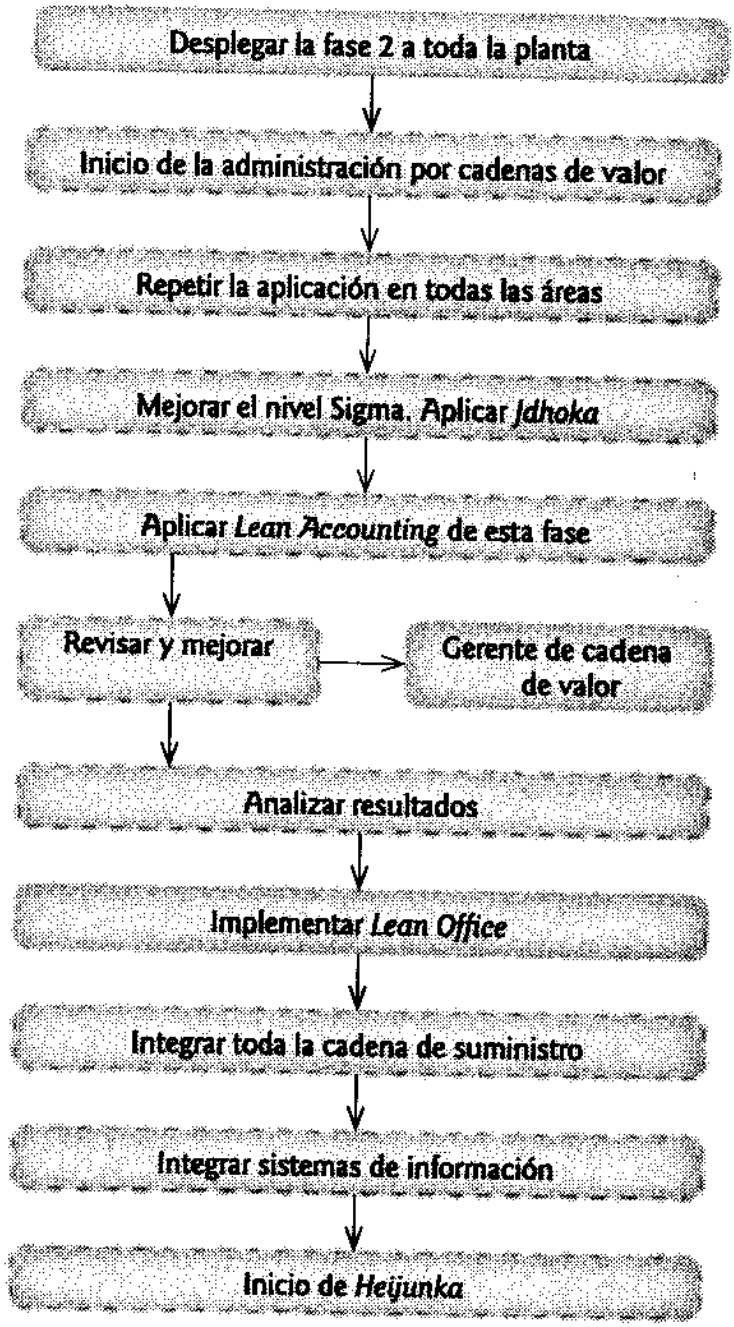


Figura 3.6

Actividades principales:

- Análisis de los resultados logrados.
- Uso pleno de producción jalar.
- Desarrollo común de eventos *kaizen*.
- Inicio de proyectos de Seis Sigma para variación.
- *Lean Accounting* contempla:
  - Contabilidad administrativa.
  - Contabilidad financiera.
  - Contabilidad operacional.
- Introducción del gerente de cadena de valor.
- Modificación del organigrama a cadenas de valor.
- Asignación de personal a las cadenas de valor.
- Uso común del control estadístico.
- DMAIC en todos los proyectos de mejora.
- Introducción de *Lean Office*.
- Integración de la contabilidad de costos a la cadena.
- Integración de planeación financiera a ventas y cadenas.
- Certificación.
- Integración de nuevos métodos de incentivos.
- Integración de logística con proveedores y clientes.
- Aportación de mejoras al proceso por parte de todos.
- Introducción del cuadro de resultados (*box score*).
- Implementación de *Lean* en las oficinas.

Participantes:

- Todos.

Principales obstáculos:

- Falta de integración entre contabilidad y operaciones.
- La fábrica de información no está conectada con las operaciones.
- Posible uso de métodos de control anteriores.
- Resistencia debido a posible pérdida de autoridad.
- Posible detección de falta de capacidad para el liderazgo.

- Conflictos de intereses entre departamentos.
- Limitaciones de autoridad en la toma de decisiones.

Principales ventajas:

- Los resultados muestran una evidente reducción de costos.
- Mejor comunicación y entendimiento entre personas.
- El trabajo en equipo permite mejorar las relaciones interpersonales.
- Existe un mejor entendimiento del camino por seguir.
- La información es más clara y fácil de utilizar.
- Se comunica el nuevo lenguaje de negocios y operaciones a todo el personal.

Fase 2. Administración por cadenas de valor: fase madura

Duración: 12-24 meses.

Actividades principales:

- Inicio de un replanteamiento del *layout* completo.
- Redistribución de planta y equipos.
- La aplicación se extiende al diseño de productos.
- Se utiliza el *box score* como base para tomar decisiones.
- Uso de la contabilidad *Lean* en todos los procesos.
- Inicio del programa de desarrollo de proveedores.
- La producción se nivela con la velocidad de compra.
- Se integran clientes y proveedores
- Se reestructuran anualmente los planes *Hoshin*.
- La estructura organizacional es propicia para *Lean*.
- Todo el personal participa activamente en las mejoras.
- Se comparte información de proyectos.

Participantes:

- Todos.

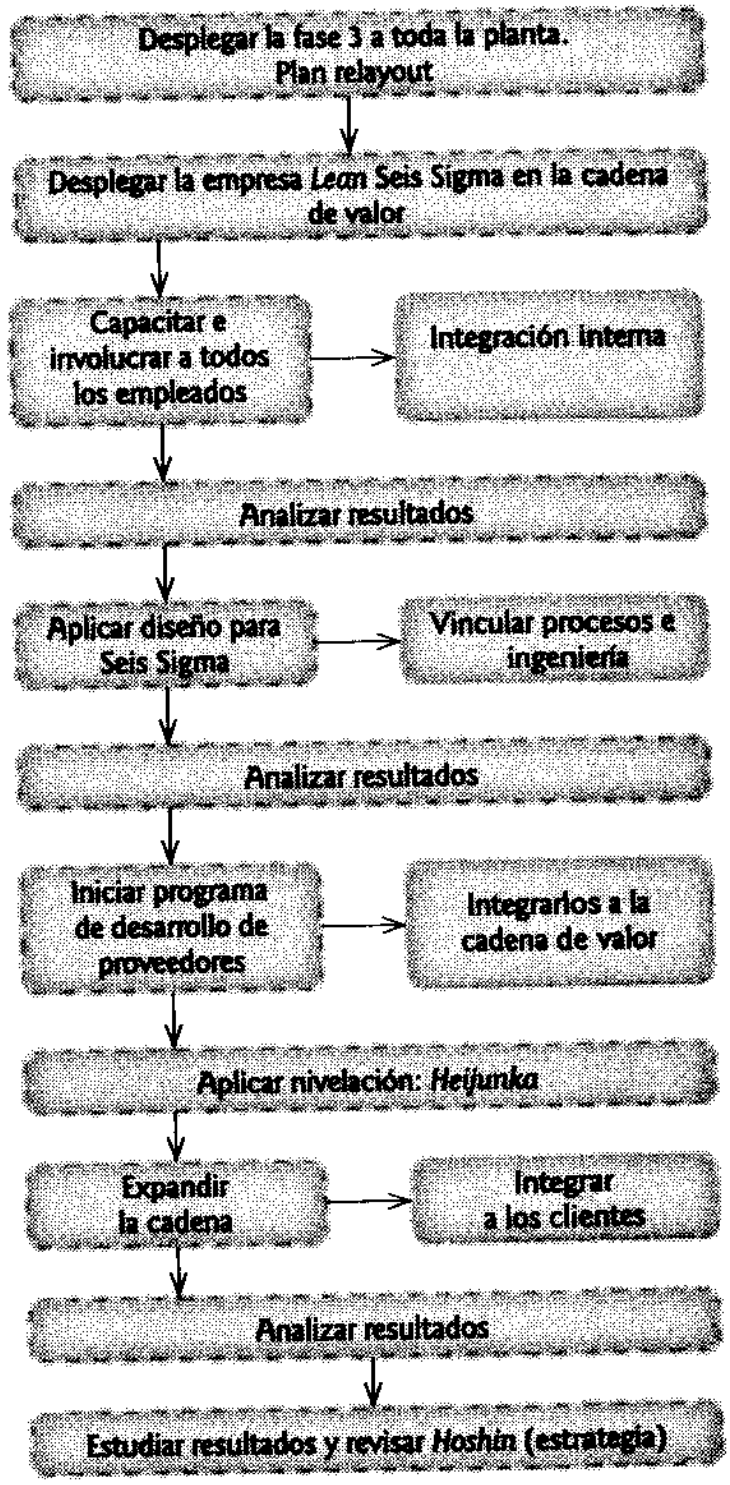


Figura 3.7

Principales obstáculos:

- Resistencia al cambio por parte de los proveedores.
- Resistencia al cambio por parte de los clientes.
- Temor interno a extender la aplicación.

- Falta de planes concretos para integrar la cadena completa.
- Proveedores que carecen del conocimiento necesario.
- Clientes que carecen del conocimiento necesario.
- Intención de copiar modelos de otras empresas.

Principales ventajas:

- Necesidad de mejorar más rápido.
- Estructura clara y bien integrada.
- Las personas piensan y viven con las herramientas.
- *Lean* se convierte en una forma de pensar y una filosofía.
- Se logra abrir muchas puertas comerciales y de competitividad.
- Se cuenta con muy buenas bases para la continuidad del negocio.
- El enfoque se concentra en proyectos y reducción de costos.

Fase 3. Organizaciones *Lean*: pensamiento esbelto

Duración: Permanente.

Actividades principales:

- Revisión continua de flujos de producción.
- Rompimiento continuo de paradigmas.
- Aplicación de tecnología de predicción.
- Uso de nuevas tecnologías de desarrollo y producción.
- Publicación de resultados operativos y financieros.
- Ser el mejor en su clase.
- Establecimiento de proyectos *Lean* como base de mejora.
- Solución inmediata de problemas.
- Sistema de calidad estable y en mejora continua.

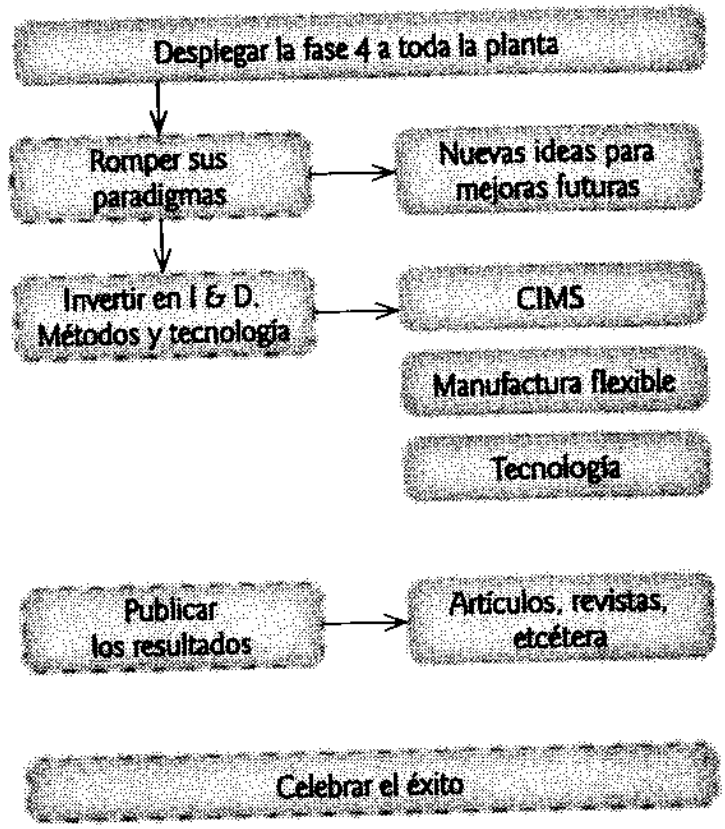


Figura 3.8

Participantes:

- Todos.

Principales obstáculos:

- No esforzarse por buscar nuevos objetivos de mejora.
- Conformarse con lo logrado hasta el momento.
- Incertidumbre en el ambiente mundial de negocios.
- No continuar aplicando las estrategias logradas y conformarse con el éxito alcanzado.
- No renovar a tiempo las estrategias de producto y de operaciones.

Principales ventajas:

- Una cultura laboral renovada y siempre lista para el cambio.
- Un liderazgo compartido.

- Todos tienen las herramientas y el conocimiento adecuados.
- Claro y constante entendimiento de metas y objetivos.
- La manufactura esbelta es una forma de pensar.

Modelo de trabajo

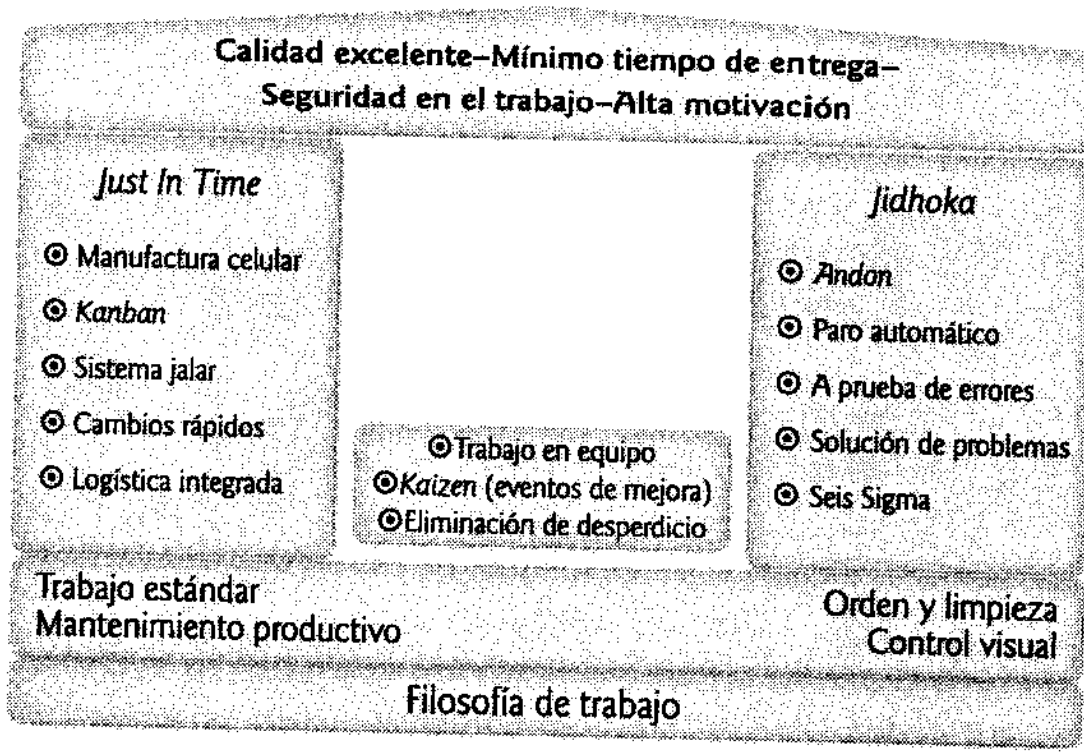


Figura 3.9

La filosofía del modelo *Lean Manufacturing* se basa en el amor al conocimiento y al trabajo como una forma de vivir y crecer. Además, la estandarización, el orden y la limpieza, el mantenimiento productivo y el control visual son los puntales que permiten avanzar y combatir las grandes limitantes de la productividad. Como pilar del *Just In Time* se utiliza la manufactura celular para establecer un flujo continuo y eliminar el trabajo por lotes; el sistema *kanban* para controlar el material y el flujo de producción; los cambios rápidos como recurso elemental de la flexibilidad, y la logística integrada como fortaleza en las operaciones. El pilar *Jidhoka* muestra la faceta de la calidad en los procesos para generar productos de calidad. En este pilar se utilizan señales visuales para descubrir cuándo hay defectos y emprender acciones

inmediatas para eliminarlos, como paros automáticos y mecanismos a prueba de errores; asimismo, se establecen métodos para solucionar problemas y se utilizan metodologías para reducir las variaciones, como Seis Sigma.

El elemento que hace funcionar esta maquinaria de manufactura o estos procesos de servicio es el trabajo en equipo, por medio de eventos de mejora planeados con un propósito claro y objetivos alcanzables. Su principal objetivo es la eliminación de prácticas desperdiciadoras (*mudas*).

Todo lo anterior tiene como fin último lograr una calidad sobresaliente, con mínimos tiempos de entrega para los clientes, seguridad en el trabajo y alta motivación para las personas que laboren en empresas que, al lograr sus objetivos, contribuyan a construir naciones más prósperas y economías competitivas en el nivel mundial.

Factores críticos de éxito para el cambio

1. Debe haber un propósito muy claro.
2. Debe haber un buen plan.
3. Liderazgo efectivo y comprometido.
4. Asegurar que todos se comprometan a dar su mejor esfuerzo.
5. Comprometerse a invertir tiempo y esfuerzo.
6. Conocimiento profundo de las herramientas.
7. Crear una cultura empresarial basada en buenos hábitos.
8. Paciencia desde el principio hasta el final.
9. Asegurarse de que todos entiendan los conceptos.
10. Dedicar tiempo y recursos.
11. Establecer funciones cruzadas y eliminar el departamentalismo.
12. No pensar que sólo se trata del programa del mes.
13. Implementar reglas para el trabajo en equipo y la transformación.
14. Lograr que se involucre el personal de todos los niveles.
15. Tratar de no copiar implementaciones de otras empresas o culturas.

16. Facultar al personal de piso para aportar y tomar decisiones.
17. Comprender que existe la necesidad de aprender y enseñar.
18. Lograr que todos en la compañía tengan una profunda confianza en sí mismos.
19. Establecer planes bien fundamentados.
20. Dar seguimiento a los planes en cuanto a actividades y resultados.

Estructura organizacional

En una empresa ágil, la estructura de la organización es un elemento clave para el éxito. En un esquema tradicional resulta imposible administrar mejoras en toda la organización porque cada directivo busca obtener resultados y mejoras para su área, algo que no necesariamente trae consigo una mejora global. Por ello, en una empresa *Lean* la estructura organizacional se administra de la siguiente manera:

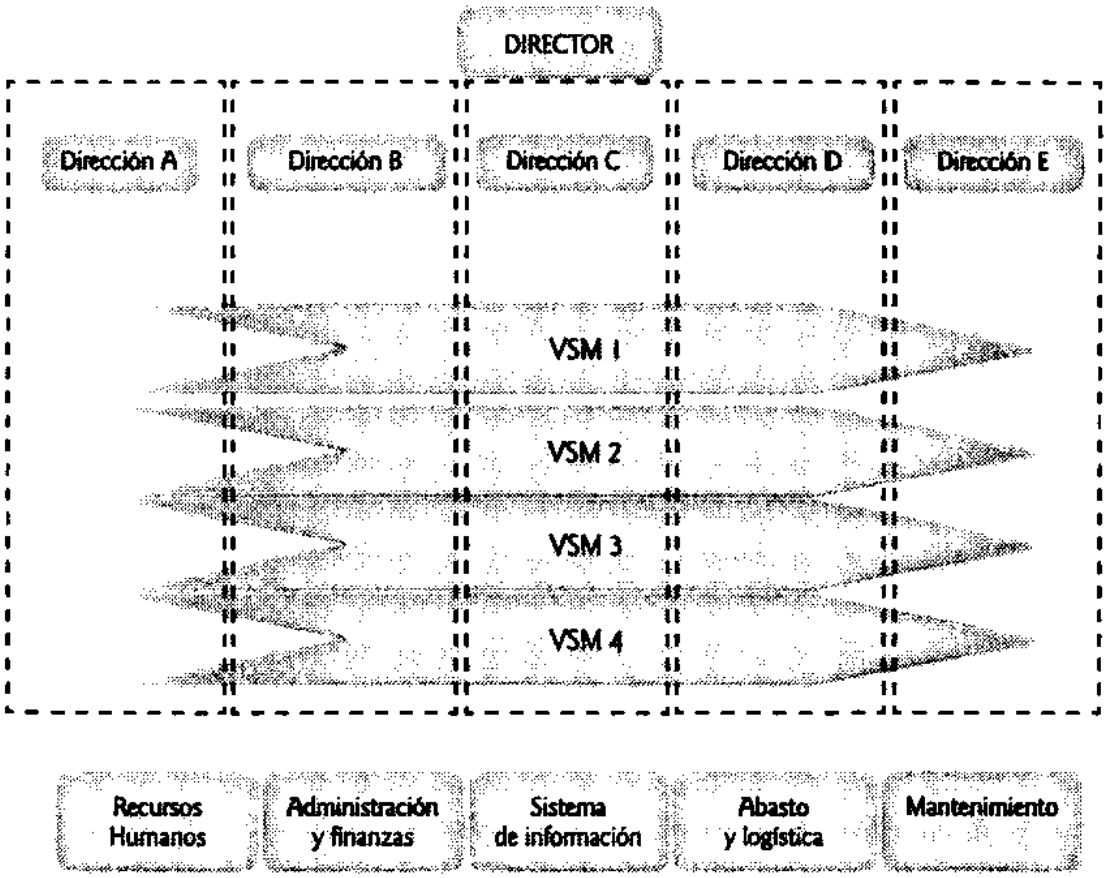


Figura 3.10

Desaparecen los departamentos concebidos como una administración funcional. En su lugar se administran las cadenas de valor (VSM por sus siglas en inglés). En éstas, el enfoque es la mejora desde el principio hasta el final de la cadena, y no por departamentos.

Las cadenas de valor son unidades de negocio que procesan de principio a fin un grupo de partes que llamaremos familia de productos. La naturaleza de las cadenas son aquellas operaciones mediante las cuales se transforma un producto o información, y que siguen un proceso para convertir una materia prima en un producto terminado. A cada cadena de valor se le asigna un gerente o un coordinador de cadena de valor, quien se enfocará en el diseño y la mejora de principio a fin, hasta entregar resultados claros y tangibles como unidad de negocio.

A cada cadena de valor se integra personal de producción, de calidad, de mantenimiento de los equipos que opera cada cadena, de ingeniería y calidad y, en algunos casos, del área comercial. Lo más importante de este concepto es el enfoque de que todos forman un equipo y tienen una misión muy específica: lograr que su cadena de valor funcione y eliminar barreras departamentales, lo cual permitirá compartir información, conocimiento y experiencias para el trabajo en equipo y el bien común.

Las gerencias funcionales representadas en el esquema como comercial, calidad, producción, ingeniería y contabilidad se convierten en áreas de conocimiento y diseño de estrategias dentro de la especialidad e influyen directamente en el conocimiento, la eliminación de problemas, etc., en cada cadena de valor.

Finalmente, los departamentos mostrados en la parte inferior de la figura 3.10 son el soporte para las cadenas de valor. Su objetivo es brindar el apoyo necesario en su área de responsabilidad, a fin de que las cadenas de valor sólo se dediquen a agregar valor y no tengan interrupciones ni procesos burocráticos que distraigan su atención en algo más que satisfacer la demanda con rapidez y calidad.

Cabe resaltar que la autoridad de las cadenas de valor recae ahora en los gerentes o coordinadores de cadenas de valor, por lo que las gerencias funcionales participarán aportando conocimiento y dirección en sus áreas de especialidad.

Se recomienda aplicar este organigrama administrado por cadenas de valor una vez concluida la etapa piloto, puesto que para entonces ya se habrán obtenido resultados.

Roles y responsabilidades

Director de planta

Es el líder en la creación del cambio, establece la dirección de la compañía, elimina la resistencia al cambio, mantiene un enfoque constante en cuanto a los tiempos para lograr las mejoras y metas, y se asegura de que cada integrante de la organización conozca su rol y reciba la capacitación necesaria.

***Expectativas*:**

- Lograr que en todos los niveles se acepte la responsabilidad de liderar la transformación de la cultura y la estructura de la planta.
- Establecer y desarrollar los indicadores de la planta, áreas y piso de producción.
- Elaborar reportes, establecer metas y asignar personal para la ejecución de programas específicos.
- Reforzar el uso de metodologías y herramientas para realizar proyectos de mejora, resolver problemas y prevenirlos.
- Establecer una fuerte presencia en el piso de producción para liderar el cambio; analizar los indicadores de piso en el área misma de producción.
- Desarrollar planes detallados de la planta para apoyar las metas de la compañía y de negocios.
- Establecer las directrices del plan *Hoshin Kanri* junto con accionistas o dueños.

Directores/gerentes funcionales

Son los campeones de la transformación de programas específicos con técnicas y herramientas específicas que requieren comunicación efectiva.

Dan seguimiento a los indicadores de desempeño en áreas que son de su responsabilidad.

Destraban conflictos o restricciones a los proyectos.

Expectativas:

- Participar activamente en la transformación de la cultura y la estructura de sus áreas de responsabilidad.
- Establecer los programas y lograr que en sus áreas se acepte la responsabilidad.
- Incrementar sus capacidades y las del personal y volverse expertos en la transformación y el manejo de las herramientas.
- Facilitar la capacitación en el manejo de las nuevas herramientas.
- Desarrollar metas para sus áreas de responsabilidad y participar en el plan *Hoshin*, generando las estrategias del negocio.
- Convertirse en maestros enseñando más que supervisando.
- Dar seguimiento a las actividades de los proyectos.
- Dedicar gran parte de su tiempo al apoyo directo a piso.

Operadores

Apoyan intensamente el desempeño exitoso de la cultura mediante el mejoramiento diario de los métodos de trabajo, apoyan a sus compañeros en las mejores prácticas y optimizan todos los aspectos del ambiente laboral.

Expectativas:

- Aceptar la transformación de los programas de trabajo.
- Desarrollar la aplicación de las iniciativas con sus equipos de trabajo.
- Ser una parte importante de los equipos de mejora.
- Aportar continuamente sus ideas para las iniciativas *Lean Six Sigma*.
- Utilizar las herramientas en el trabajo y en los problemas cotidianos.
- Eliminar constantemente el desperdicio y apoyar los cambios controlados.

Gerente/coordinador de la cadena de valor

Son los responsables de la cadena de valor y su objetivo principal es mejorarla de principio a fin. Tienen la autoridad sobre toda la operación de su cadena de valor y toman decisiones sobre cualquier aspecto que afecte el resultado operativo, de capacidad y financiero de la cadena de valor.

Expectativas:

- Participar activamente en la transformación de la cultura y la estructura de sus cadenas de valor.
- Conocer a fondo los procesos y tener la autoridad para diseñarlos o rediseñarlos.
- Facilitar la capacitación y la ejecución de los eventos *kaizen*.
- Desarrollar metas para sus áreas de responsabilidad y participar en el plan *Hoshin* a través de la elaboración de las estrategias del negocio.
- Convertirse en maestros, enseñando más que supervisando.
- Dar seguimiento a las actividades de los proyectos.
- Brindar apoyo directo y constante a piso.

Áreas de soporte

Son responsables de dar el soporte necesario a las cadenas de valor de acuerdo con su enfoque. Son proveedores de servicios e información útiles para que las cadenas de valor no se distraigan en la generación de valor y mantengan sus recursos enfocados en el logro de los objetivos de la empresa en sus áreas de especialidad.

Expectativas:

- Participar directamente en la transformación de la cultura.
- Conocer los procesos y aportar sus conocimientos y habilidades a las cadenas de valor.
- Incrementar sus capacidades y las del personal, y convertirse en expertos en la transformación y las herramientas.
- Desarrollar metas para sus áreas de responsabilidad.
- Dar seguimiento a las actividades de los proyectos en que estén involucrados.
- Brindar apoyo directo y constante a piso.

Resistencia al cambio

La resistencia al cambio es el mayor obstáculo en la implementación, y es provocada por el miedo a lo desconocido y a perder autoridad.

Es muy importante tomar en cuenta que la resistencia al cambio existe y estará presente siempre en este tipo de proyectos. Por ello, es muy importante:

- Plantear una buena visión.
- Motivar al personal para asumir estos nuevos cambios.
- Capacitar al personal para vencer al enemigo de la incertidumbre.

- Contar con los recursos necesarios para realizar los cambios.
- Tener planes bien establecidos.

La mejor manera de vencer la resistencia al cambio es demostrando lo benéfico que puede ser para la supervivencia de las empresas.

Ética laboral

En este proceso de transformación de empresas tradicionales a empresas de clase mundial es muy importante considerar el aspecto ético de directivos, gerentes y del personal en general. Ningún esfuerzo por lograr mejoras en la productividad rendirá frutos si no existe un interés genuino por parte de las personas, además de un respeto por el trabajo honesto. Por ello, la dirección debe predicar con el ejemplo y demostrar un sentido ético en sus acciones cotidianas, como la toma de decisiones, el respeto hacia las opiniones de los demás, el lenguaje que utiliza con compañeros y clientes, los comentarios sobre los demás y, principalmente, la creación de un ambiente de trabajo en donde no haya burla, desconfianza, pereza, mal uso del tiempo, etcétera.

En este proceso de cambio mediante el cual se busca lograr el progreso no sólo de las empresas sino también de la sociedad, será muy importante el cuidado personal, de la salud y de los actos cotidianos para poder enfrentar las situaciones adversas y los compromisos que un cambio de esta naturaleza implica.

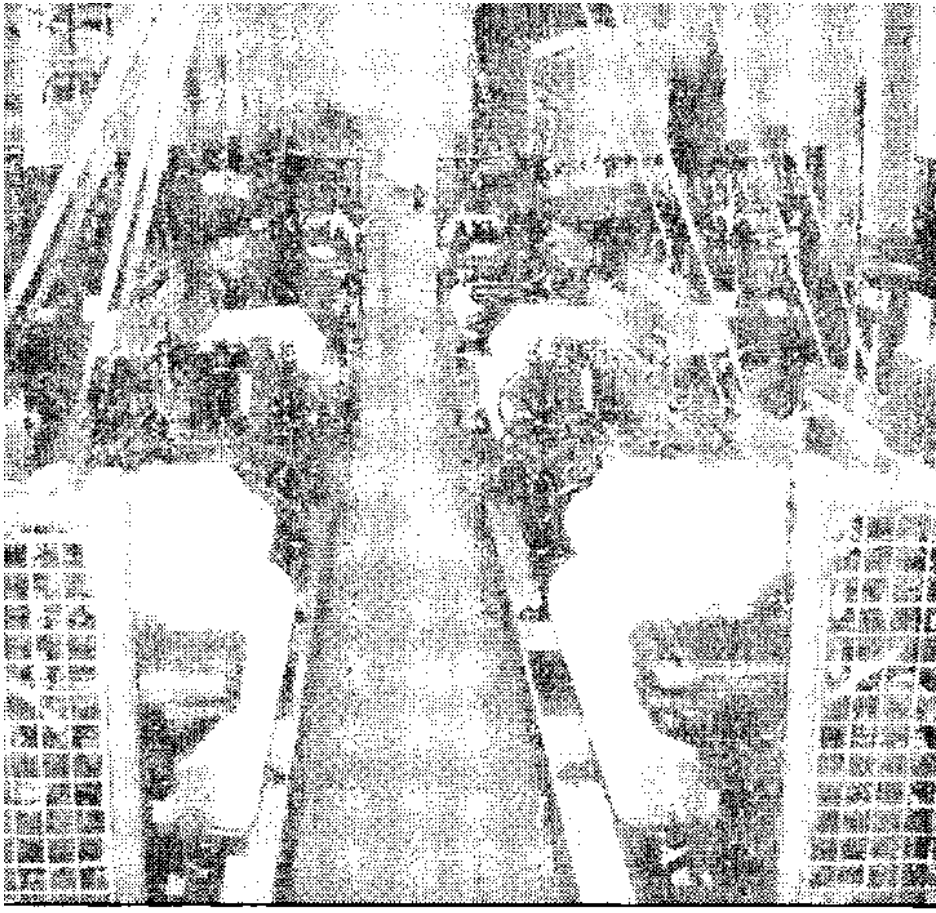
El poder del trabajo en equipo

Lean Manufacturing se apoya en la filosofía de la necesidad indispensable del trabajo en equipo para poder dar resultados más que sobresalientes. Hay que aprender que la competencia nunca debe ser interna, es decir, no debe haber luchas de poder o control, ni competencia interdepartamental o personal por aspirar a mejores puestos en la compañía. La globalización pone a las organizaciones actuales a competir con empresas de todo

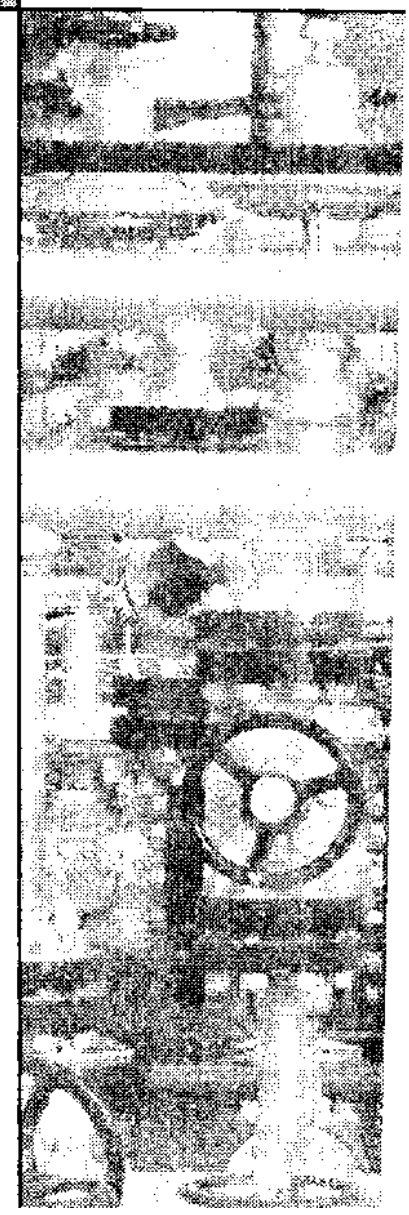
el mundo, lo que ha contribuido a aumentar la oferta en nuestros mercados y, en ocasiones, a restringir nuestra participación en ellos. La implementación exitosa de *Lean Manufacturing* se verá reflejada en el logro de metas, la satisfacción del cliente y la rentabilidad, teniendo en mente que la competencia se debe dar siempre fuera de los muros de la organización.

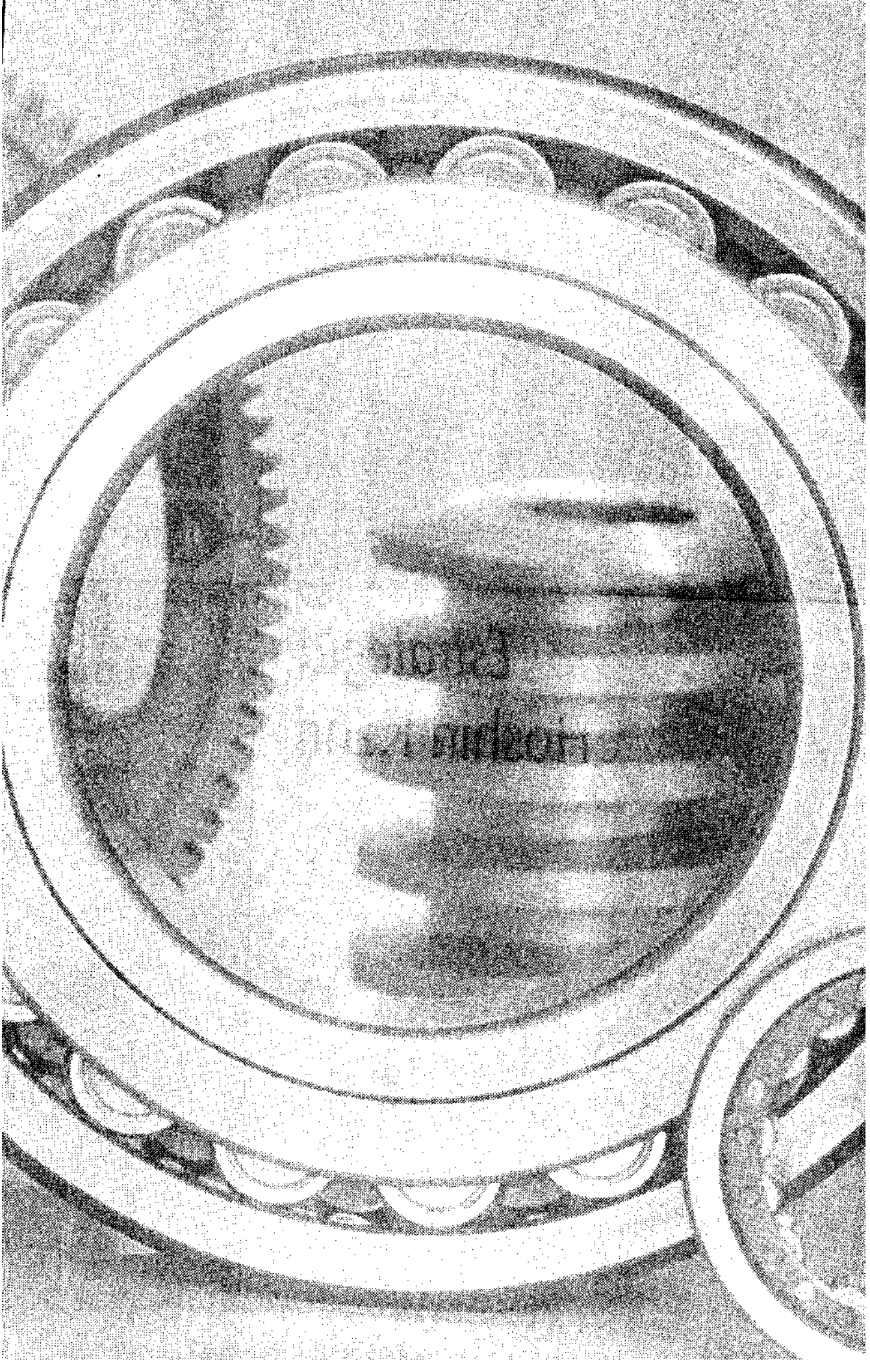
Resumen

Tomar en cuenta el proceso de implementación es un factor decisivo para el éxito de esta estrategia de negocios. El desarrollo de un diagnóstico inicial permite sentar las bases de un inicio documentado, realista y con un conocimiento del proceso general del desarrollo de las etapas de implementación.



Estrategia
Hoshin Kanri





Antecedentes

El general chino Sun Tzu escribió *El arte de la guerra* cinco siglos antes de Cristo. Es el libro más antiguo que se ha escrito sobre estrategia y sigue siendo una lectura vigente después de tanto tiempo. Es sin duda el mejor libro sobre generación de estrategias y ha servido de inspiración a los grandes escritores del tema, contemporáneos y de la antigüedad. Proporciona enseñanzas tan valiosas como "la mejor victoria es vencer sin combatir", y muchos de los términos de guerra que contiene simplemente se adaptan a lo que ahora es la planeación estratégica y su ejecución.

El diseño de la estrategia *Hoshin Kanri* también tiene sus antecedentes en las enseñanzas de un guerrero samurai que nunca perdió un solo combate. En *El libro de los cinco anillos*, Miyamoto Musashi explica que la estrategia es la base de la victoria.

El doctor Yoji Akao, profesor del departamento de ingeniería industrial de la Universidad de Tamagawa, fue uno de los principales diseñadores de metodologías de control de calidad, despliegue de la función de calidad y *Hoshin Kanri*.

Los japoneses adoptaron y adaptaron las técnicas de Deming y Juran con los conceptos de administración por objetivos y comenzaron así la planeación estratégica para la calidad. Cada compañía creaba su propio plan estratégico.

Con la institución del premio Deming a la Calidad en 1957 se empezaron a difundir las prácticas de calidad y planeación, a partir de lo cual las compañías japonesas evolucionaron considerablemente.

En 1965 la compañía de llantas Bridgestone publicó un análisis sobre las compañías ganadoras del premio Deming y ponía especial énfasis en la planeación estratégica llamada *Hoshin Kanri*. Para entonces, el concepto era ampliamente aceptado en Japón.

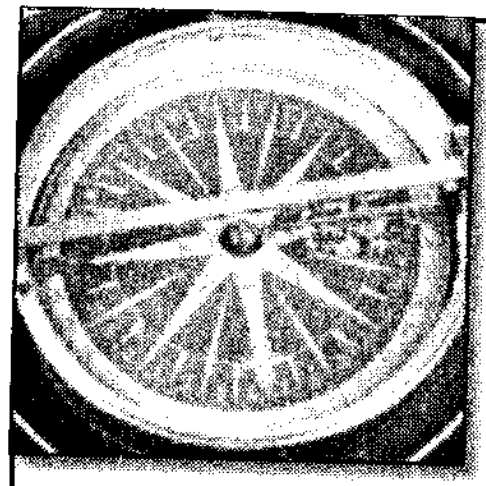
La aplicación de *Hoshin Kanri* en Estados Unidos inició en la década de 1980, en compañías relacionadas con las que habían ganado el premio Deming, como Yokogawa Hewlett-Packard División (YHP), Fuji-Xerox, Texas Instruments y otras más.

Hasta principios de la década de 1990 se reconoció que las compañías que utilizaban *Hoshin Kanri* llevaban una amplia ventaja competitiva sobre las que no lo hacían.

Definición

Hoshin Kanri es una técnica que ayuda a las empresas a enfocar sus esfuerzos y analizar sus actividades y sus resultados.

Es un acercamiento sistemático para identificar, ordenar y resolver actividades que requieren un cambio drástico o una mejora.



La traducción literal de *ho* es "dirección", y *shin* significa "aguja", como la dirección a la que apunta una brújula.

La palabra *Kanri* se puede dividir en dos partes: *Kan*, que significa control, y *ri*, que significa razón o lógica.

Hoshin Kanri significa entonces "dirección y control de la organización apuntando hacia un enfoque".

方針 管理

Hoshin = dirección de la aguja. *Kanri* = administración, control.

¿Para qué se implementa *Hoshin Kanri*?

Hoshin Kanri es una herramienta para la planeación estratégica efectiva y facilita:

- Identificar objetivos críticos.
- Evaluar restricciones.

- Establecer mediciones de desempeño.
- Desarrollar planes de implementación.
- Conducir juntas de revisión periódicas.

El concepto del modelo de planeación estratégica es simple: es un sistema administrativo que alinea a la organización. Traduce la visión y la misión de una institución en un arreglo comprensible de objetivos estratégicos, para los cuales define indicadores de desempeño y los transforma en un marco de trabajo basado en proyectos.

- Provee un enfoque claro a toda la organización.
- Involucra la coordinación entre los diversos departamentos y funciones.
- Evita la duplicación de esfuerzos y acciones que no contribuyan al logro de los objetivos organizacionales.

Elementos clave de los planes *Hoshin Kanri*

Todos los esfuerzos se deben centrar en alcanzar la misión y la visión de la compañía.

- Fase 1. Definición del plan estratégico.
- Fase 2. Administración estratégica.

Estos dos elementos son documentos vivos, es decir, se modifican constantemente.

Beneficios de utilizar *Hoshin Kanri*

- Mejora el enfoque de la organización.
- Mejora el enlace organizacional.
- Mejora la contabilidad administrativa.
- Mejora la venta de ideas.

- Mejora la comunicación.
- Mejora el involucramiento del personal.

Figura 4.1

¿Cuándo se utiliza *Hoshin Kanri*?

Hoshin Kanri se utiliza cuando deseamos realizar la planeación estratégica de la compañía a largo plazo y establecer las actividades específicas y los proyectos en todos los niveles de la organización para cumplir con las metas de la misma.

El plan de la compañía se debe revisar y establecer anualmente repitiendo el procedimiento de implementación.

¿Cuánto tiempo toma realizar el plan *Hoshin Kanri*?

La realización del plan fundamental toma de dos a tres semanas.

Cada semana se da seguimiento a los resultados y actividades.

Procedimiento para llevar a cabo el plan *Hoshin Kanri*

1. Establecer las filosofías de la empresa

- ¿Quiénes somos y para qué existe la organización? (Misión.)

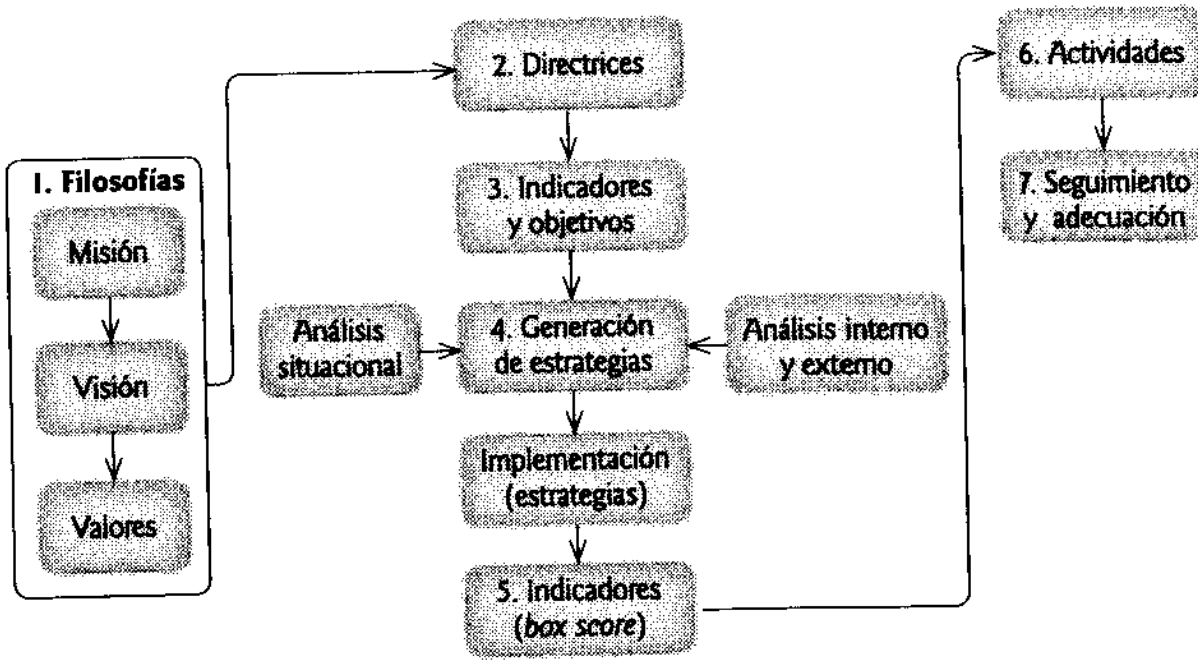


Figura 4.2

- ¿Hacia dónde se dirige la organización? (Visión.)
- ¿Cómo llegar hasta donde se dirige la empresa? (Objetivos estratégicos.)
- ¿Cómo podemos lograr los objetivos declarados? (Estrategias.)
- ¿Qué buscan los clientes? (Factores claves de éxito.)
- ¿Cómo podemos lograr los factores claves de éxito? (Áreas de resultados claves.)

Misión

- La misión describe la razón de ser de la organización.
- Proporciona a los miembros de la empresa una unidad de dirección que trasciende las necesidades individuales, locales y transitorias.
- Promueve un sentido de expectativas compartidas.
- Proyecta un sentido de valor y propósito hacia los diferentes grupos de interés.
- Afirma el compromiso de la empresa en relación con su existencia, crecimiento y rentabilidad.
- Obliga a contestar las preguntas:

- ¿Cuál es nuestro negocio?
- ¿Cuál es la razón por la que existe la organización?

Visión

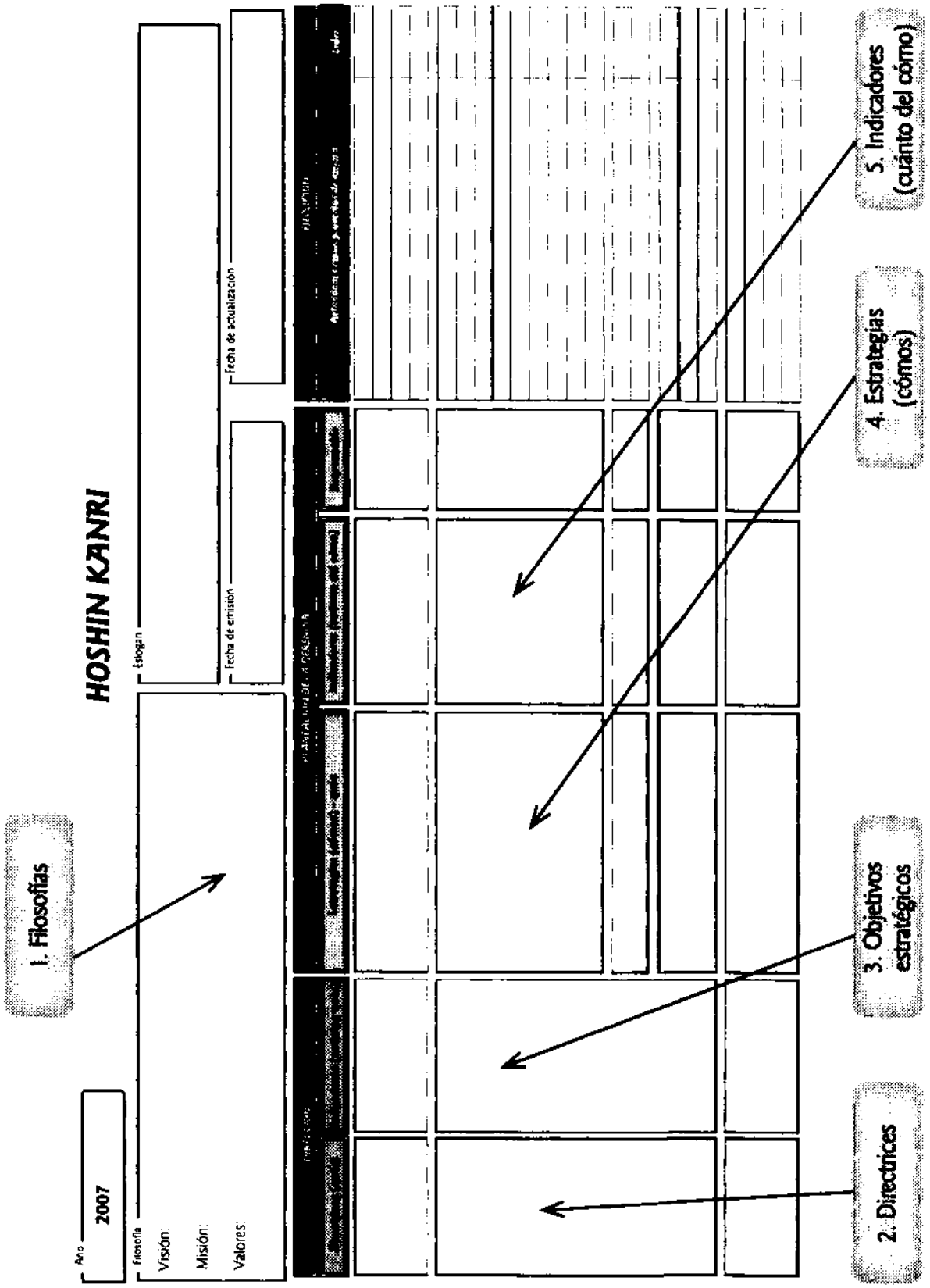
- La visión es una declaración del estado futuro posible y deseable de la organización.
- La principal fuerza de la visión no radica en la descripción anticipada del futuro deseado, sino en un proceso mediante el cual el sueño o las indicaciones de una persona se convierten en los deseos factibles y compartidos de un colectivo.
- Esta concepción fortalece el liderazgo, compartiendo el consenso que expresa los anhelos, deseos e intereses colectivos.
- Obliga a contestar la pregunta:
  - ¿Qué queremos llegar a ser?

Valores

- Los valores de una compañía son, dentro de su conjunto de creencias, los que ésta considera más importantes o valiosos. Los valores nos ayudan a formar los consensos básicos de la convivencia social y proporcionan a una comunidad sentido de pertenencia e identidad; esta empatía es la base de la confianza, la cual es un factor importante para el progreso y desarrollo de las personas.
- La consolidación y el éxito de la empresa están íntimamente relacionados con sus valores como institución, ya que éstos rigen sus acciones cotidianas.

Los valores son principios que trazan el camino que la humanidad debe seguir para que todas las personas se desarrollen plenamente y convivan en armonía. Por ello, son ideales a alcanzar y nos marcan retos para la vida diaria, en cada actividad que realizamos y en cada relación que establecemos con los demás.

Utilice la forma 4.1.


HOSHIN KANRI
Año
2007
Filosofía
Visión:
Misión:
Valores:
Eslogan
Fecha de emisión
Fecha de actualización
1. Filosofías
2. Directrices
3. Objetivos estratégicos
4. Estrategias (cómos)
5. Indicadores (cuánto del cómo)

Forma 4.1

2. Establecer directrices (qués)

- En esta etapa se identifican aquellas categorías funcionales de la organización que son esenciales para su mejor funcionamiento. Asimismo, proporciona una base para identificar las cuestiones críticas que se deben analizar antes de establecer objetivos a corto plazo, en el marco de la visión de futuro y de los objetivos a largo plazo.
- Es necesario contestar las preguntas:
  - ¿Qué propuesta de valor esperan nuestros clientes que les demos?
  - ¿Qué resultados espera de nosotros el corporativo?
  - ¿Qué debemos hacer para construir el estado futuro que deseamos?

3. Establecer objetivos estratégicos (cuántos qués)

- En esta etapa se establecen los objetivos que se pretenden alcanzar para cada uno de los indicadores definidos. Los objetivos representan los resultados que se esperan al aplicar ciertas estrategias y proporcionan dirección, permiten la sinergia, ayudan en la evaluación, establecen prioridades, reducen la incertidumbre, disminuyen los conflictos, estimulan un mejor desempeño y ayudan en la distribución de recursos.
- Para cada indicador se establece el objetivo que se debe alcanzar, tomando en consideración la línea base que represente mejor el desempeño actual. Los objetivos deben ser específicos, cuantificables, realistas y alcanzables dentro de un plazo de tiempo establecido.

4. Generar estrategias (cómos)

Para establecer las estrategias es muy recomendable basarse en el diagnóstico *Lean*.

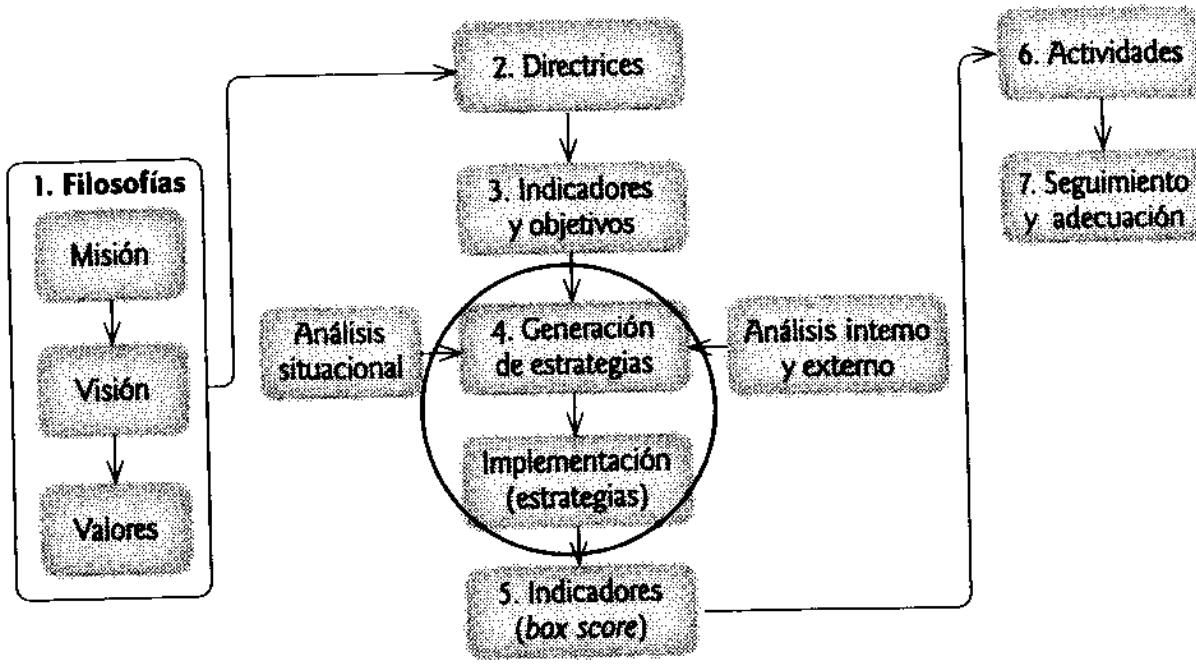


Figura 4.3

- Las estrategias son las acciones que se llevarán a cabo para lograr los objetivos a largo plazo. La estrategia define una estructura conceptual o marco de referencia para orientar las acciones.
- Una estrategia refleja hasta qué punto la empresa entiende las relaciones clave entre acciones, contexto y desempeño organizacional, y orienta a los numerosos encargados de la toma de decisiones para que emprendan acciones que sean congruentes con su visión.
- Los resultados de los análisis situacional, interno y externo se toman como base para generar estrategias que conviertan las debilidades de la empresa en fortalezas, y esas fortalezas en capacidades distintivas para mitigar las amenazas que enfrenta la organización y aprovechar las oportunidades que ofrece la industria. Todo esto con el fin de fortalecer las competencias estratégicas de la compañía para que logre sus objetivos

5. Establecer indicadores (cuántos del cómo)

- Los indicadores nos ayudan a entender el funcionamiento real del sistema, pues sirven como un traductor de lo que pasa en la operación y nos dicen si las estrategias conducen a un objetivo establecido.
- Es recomendable revisar estos indicadores semanal o diariamente para conocer los resultados en el corto plazo y tener la posibilidad de reaccionar ante un cambio o desviación de los objetivos.
- Para llevar esto a cabo, se puede utilizar un cuadro de resultados en donde se establezcan los cuántos y cómos operativos, de capacidad y financieros.
  - Operativos: son indicadores que nos ayudan a entender la operación y a darle seguimiento, y muestran si las estrategias tienen un rumbo bien definido.
  - De capacidad: estos indicadores nos ayudan a entender cómo se utilizó la capacidad del sistema en un periodo específico.
  - Financieros: son los que en el plan *Hoshin* se establecieron en los cuántos de las directrices y que nos ayudan a entender el avance de la empresa en sus metas financieras.

Utilice la forma 4.2 (página 91)

6. Establecer actividades

- Para entender a fondo las estrategias y cumplir los objetivos establecidos y medidos en los indicadores, es muy importante describir claramente las actividades específicas que se deben desarrollar.
- También es muy importante aclarar y describir quiénes son los responsables de ejecutar las actividades y estrategias, dando con esto un enfoque y la responsabilidad de cumplirlas.
- Para establecer las actividades es muy importante preguntarnos si con su ejecución adecuada podremos cumplir realmente las estrategias o si faltan o sobran actividades.

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Objetivo	Cumplimiento	07-Ene	14-Ene	21-Ene	28-Ene	04-Feb	11-Feb	18-Feb	25-Feb	04-Mar	11-Mar
Unidades por persona			15.18	15.63	14.70	15.91	15.90	15.40				
Envíos a tiempo			100%	100%	100%	100%	100%	100%				
Tiempo de entrega (días)												
Días de puerta a puerta			6									
Calidad a la primera			80%	80%	80%	85%	85%	85%				
Nivel Sigma												
Costo de no calidad												
Costo promedio del producto			$ 343	$ 337	$ 362	$ 338	$ 337	$ 325				
Valor del inventario												
Vuelta del inventario												
Costo de mantenimiento												
Evaluación 5's												
OEE												
Tiempo de lanzamiento NP			42	42	42	42	37	37				
			29%		29%		28%					
			54%		54%		52%					
			17%		17%		20%					
Ingreso			$ 470,900	$ 484,750	$ 455,942	$ 490,050	$ 487,910	$ 525,635				
Costo de material			$ 172,085	$ 179,385	$ 178,685	$ 181,935	$ 184,685	$ 187,010				
Costo de conversión			$ 119,584	$ 119,584	$ 119,584	$ 119,584	$ 142,584	$ 152,584				
Utilidad bruta del value stream			$ 179,231	$ 189,781	$ 157,673	$ 188,531	$ 160,641	$ 186,041				
Retorno de la cadena			38.06%	39.15%	34.58%	38.47%	32.92%	35.39%				

De acuerdo con el objetivo planeado

Cerca del objetivo planeado

Lejos del objetivo planeado

Forma 4.2

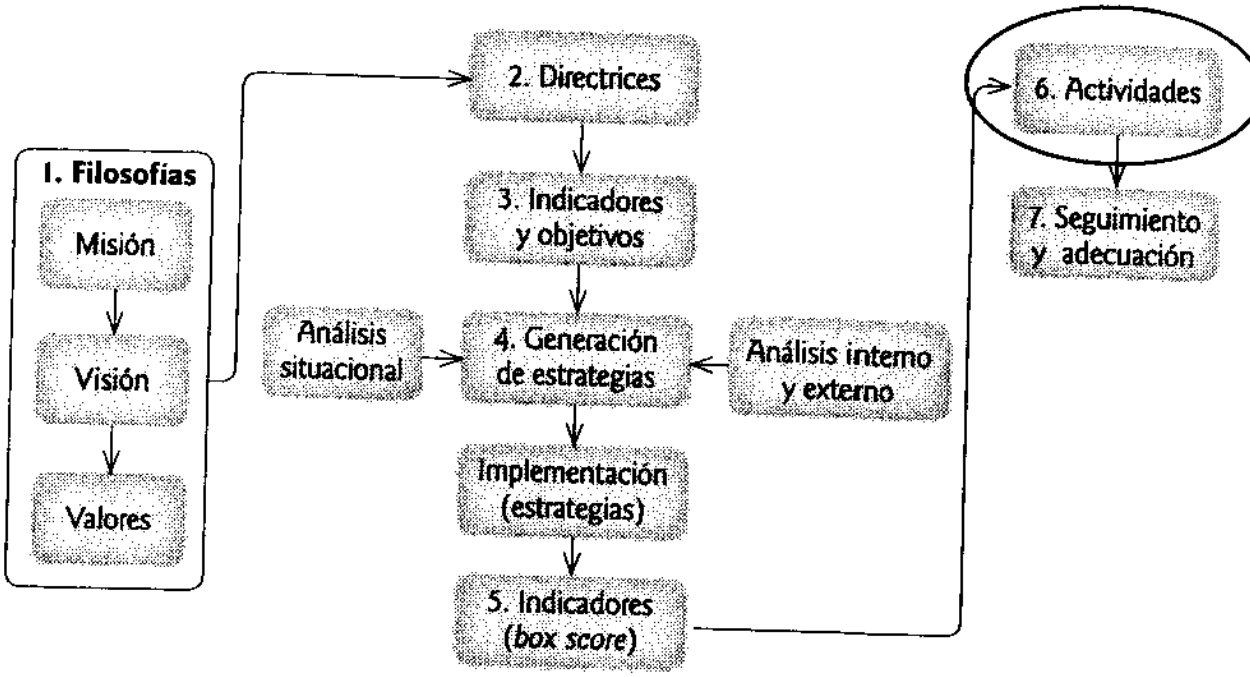


Figura 4.4

7. Seguimiento y adecuación

El seguimiento se realiza directamente sobre las actividades descritas en el paso anterior, utilizando un diagrama de Gantt para revisar visualmente el avance de los proyectos y las actividades más importantes del plan estratégico.

Este seguimiento de actividades debe realizarse cada semana para llevar un control estricto de las mismas, avances, obstáculos, etc., y así poder anticiparse o responder en el corto plazo.

Utilice la forma 4.3 (página 94).

8. Revisión periódica

Para asegurar el éxito de cada misión, se debe realizar el seguimiento de las estrategias utilizando la forma 4.4, "Revisión periódica" (página 95).

Esta revisión periódica debe realizarse en lapsos semanales o quincenales para no perder de vista las actividades y resultados relevantes.

Año

2007

HOSHIN KANRI

Filosofía

Visión

Misión:

Valores:

Eslogan

Fecha de emisión

Fecha de actualización

[illegible]		PLANEACIÓN DE LA GERENCIA			EJECUCIÓN	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Actividades clave y puntos de control	Líder

6. Actividades

Forma 4.3

Semana del año

1.1.1 Diseñar paquetes de servicio al cliente	J P M	100.0%
1.1.2 Analizar frecuencia de compra y detectar tendencias	L.S	40.0%
1.1.2 Visitas a clientes que dejaron de comprar		
1.3.1 Introducir ingeniería concurrente y DFSS		
2.1.1 Entrenamiento a personal en Seis Sigma		
2.1.2 Certificación de BB y GB		
2.1.3 Proyecto para reducir desperdicios en Urdido		
2.1.2 Reducir tiempos de cambio en Hilatura < 20 min.		
2.1.2 Certificar al personal en multihabilidades		
2.1.3 Reducir defectos en producto D		
2.1.4 Reducir los gastos de energía		
2.1.5 Implementar TPM en Hilatura		
2.1.6 Implementar TPM en Urdido		
2.2.1 Realizar auditorías internas		
2.2.2 Realizar todas las acciones correctivas		
2.3.1 Realizar diagnóstico		
2.3.2 Capacitar al personal en industria limpia		
2.3.3 Implementar mejoras para lograr certificación		
3.1.1 Hacer diagnóstico de clima organizacional		
3.1.2 Establecer programa de sugerencias y presentarlo		
3.1.3 Lanzamiento y capacitación a todo el personal del programa		
3.1.4 Realizar auditorías de seguimiento		

Completado
Tarde
En riesgo de retardo
Planeado

Revisión periódica

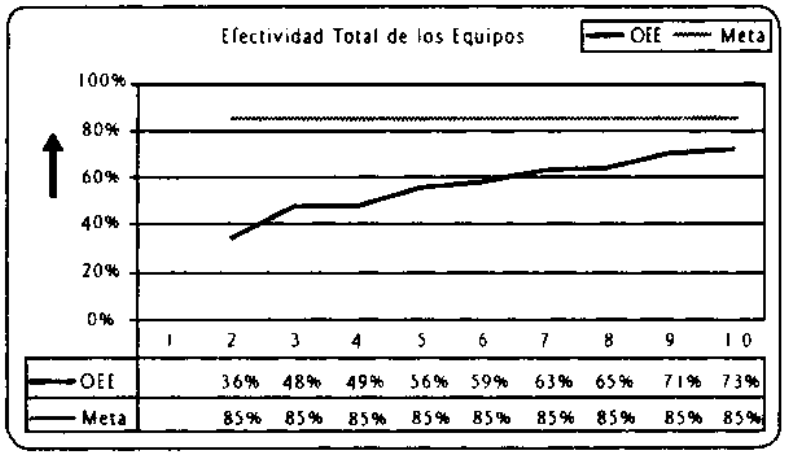
Ubicación	Fecha
Descipción del objetivo	Mediciones del proceso
Estrategias	Mediciones del proceso
Resultados esperados	
Resultados actuales	
Análisis de desviaciones	
Implicaciones futuras	
Resultados esperados en el siguiente periodo	
Notas	

Forma 4.4

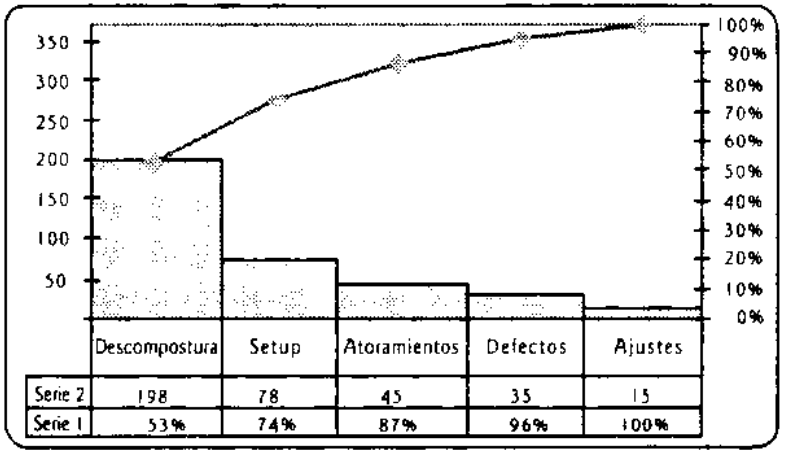
Presentación de resultados

Una vez definidos los cuántos del cómo, es decir, los indicadores de cumplimiento de las estrategias, y una vez que se establecen éstas en el cuadro de resultados (*box score*), se pueden presentar los resultados en la tabla de 4 cuadrantes que se presenta a continuación.

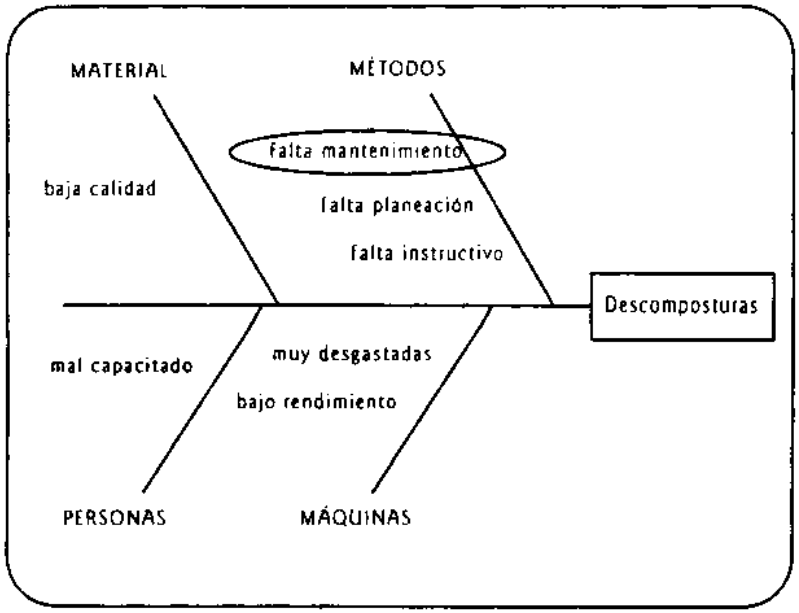
Actual | Semana 10 | **Métrico:** Efectividad Total de los Equipos (OEE)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OEE		36%	48%	49%	56%	59%	63%	65%	71%	73%
Meta		85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%



	Descompostura	Setup	Atoramientos	Defectos	Ajustes
Serie 2	198	78	45	35	15
Serie 1	53%	74%	87%	96%	100%



Sem.	M.A.	Descripción	Fecha	Fecha fin
2	A.M.	Evento superlimpieza	07/01/2006	09/01/2006
3	A.M.	Implementación de mantenimiento preventivo	14/01/2006	16/01/2006
5	A.M.	Mantenimiento autónomo	28/01/2006	30/01/2006

Notas

Forma 4.5

Es recomendable que los resultados obtenidos se presenten de una manera documentada y sencilla para que todos entiendan los logros o retrocesos.

En el primer cuadrante (arriba a la izquierda) se presenta la gráfica de tendencias del indicador para observar el comportamiento del métrico en un periodo determinado. En la gráfica de Pareto (arriba a la derecha) se presentan los principales contribuyentes al resultado del métrico para separar a los pocos vitales de los muchos triviales y tener un enfoque más preciso. En el tercer cuadrante (abajo a la izquierda) se presentan las causas probables o hipótesis de la situación para entender la causa raíz o las variables significativas que influyen en el resultado del indicador. Finalmente, en el recuadro (abajo a la derecha) se presentan las acciones por seguir, indicando la semana en la que se realizan (primera columna), misma que se relaciona con la gráfica de las tendencias para ubicar en el tiempo la acción realizada. En la siguiente columna se especifica el mecanismo de acción tomado, que puede ser:

- Acción correctiva: se utiliza cuando se tiene un problema.
- Acción preventiva: se utiliza para prevenir problemas.
- Acción de mejora: se utiliza para alcanzar metas.
- Acción de gestión: se utiliza para mantener lo ganado.

Seguimiento y documentación de las juntas

Una vez generado el plan estratégico, el paso más importante es el seguimiento, por lo que será vital realizar juntas de monitoreo frecuentes (semanal o quincenalmente), las cuales deben tener un objetivo bien definido y conocido por todos. Se debe documentar la fecha, el lugar y la hora de las juntas, establecer una agenda y distribuirla con anticipación a todos los invitados, llevar un control del tiempo asignado a cada tema para cumplir con el horario especificado y, algo que es muy importante, escribir todos los acuerdos de los temas vistos en cada junta, asignando responsables y tiempos.

La forma 6.2 puede ser útil si se tiene disciplina en el seguimiento de las juntas de estrategia o de cualquier otra junta.

En esta forma quedan documentadas todas las acciones por seguir, así como los acuerdos logrados en la junta.

La organización durante el desarrollo de las juntas es un elemento clave para aprovechar el tiempo. Uno de los grandes desperdicios en las labores de gestión y liderazgo es el tiempo que tardan las reuniones, especialmente porque no hay un objetivo bien definido y conocido, los invitados llegan tarde, no hay una agenda de asuntos por tratar, los miembros salen y entran para contestar llamadas y atender otros asuntos, no hay un enfoque bien definido, no se lleva la información necesaria, solamente se tratan opiniones y no información con fundamento, etcétera.

Minuta de reunión

Hora programada
Hora de inicio
Hora de cierre

No. de junta
Fecha
Lugar

Tema de la junta

Objetivo

Invitados

Nombre	Asistió
	09.00
	09.00
	09.00
	09.00
	09.00
	09.02
	09.02
	09.02
	09.04
	09.04
	No
	09.00

Agenda

No	Tema	Tiempo
1		
2		
3		

Acuerdos

Núm. de tema	Fecha	Estatus	Acuerdo	Responsables

Siguiente junta

Fecha:	Lugar:	Hora:

Comentarios y observaciones

Forma 4.6

Por estos motivos y porque las reuniones son un asunto de todos los días y de todas las áreas, debe haber una metodología para conducir la reunión en donde se nombre a un secretario que dé lectura a los objetivos, pase lista y anote la hora de llegada de los participantes y de inicio de la reunión, indique el tiempo asignado a cada tema y escriba los acuerdos a los que se va llegando. Se estima que una buena reunión, con personas bien informadas, preparadas con anticipación y comprometidas realmente con su trabajo en el objetivo planteado, debe durar cuando mucho una hora.

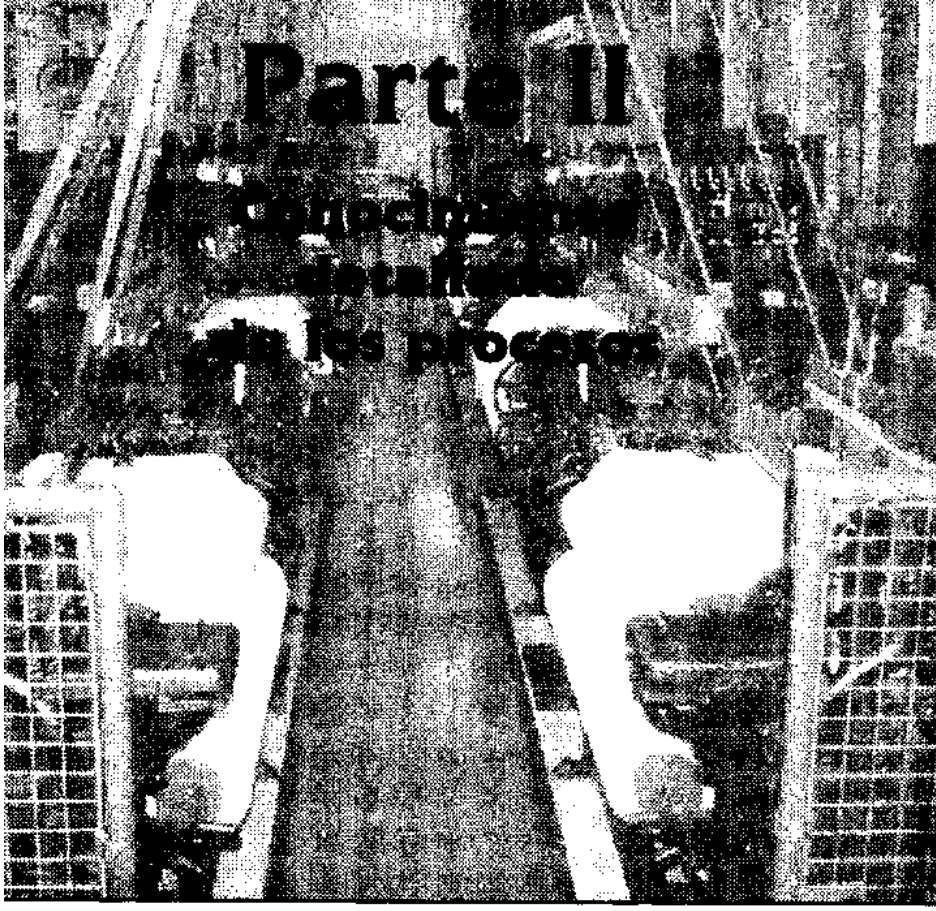
Consideraciones importantes

Cada etapa debe desarrollarse en equipo. Todo inicia con el equipo directivo, y a partir de éste se van realizando los planes del nivel gerencia y por departamento hasta completar todo el despliegue de las directrices, estrategias y actividades contenidas en el *hoshin*.

El éxito de la planeación estratégica depende principalmente del establecimiento de buenos planes, así como del seguimiento de las actividades y de los resultados.

Archivos y formas aplicables

4 Hoshin_Kanri.xls.
Forma 4.1, "*Hoshin Kanri*".
Forma 4.2, "*Box score* para el seguimiento de resultados".
Forma 4.3, "Plan de implementación de *Lean Manufacturing*".
Forma 4.4, "Revisión periódica".

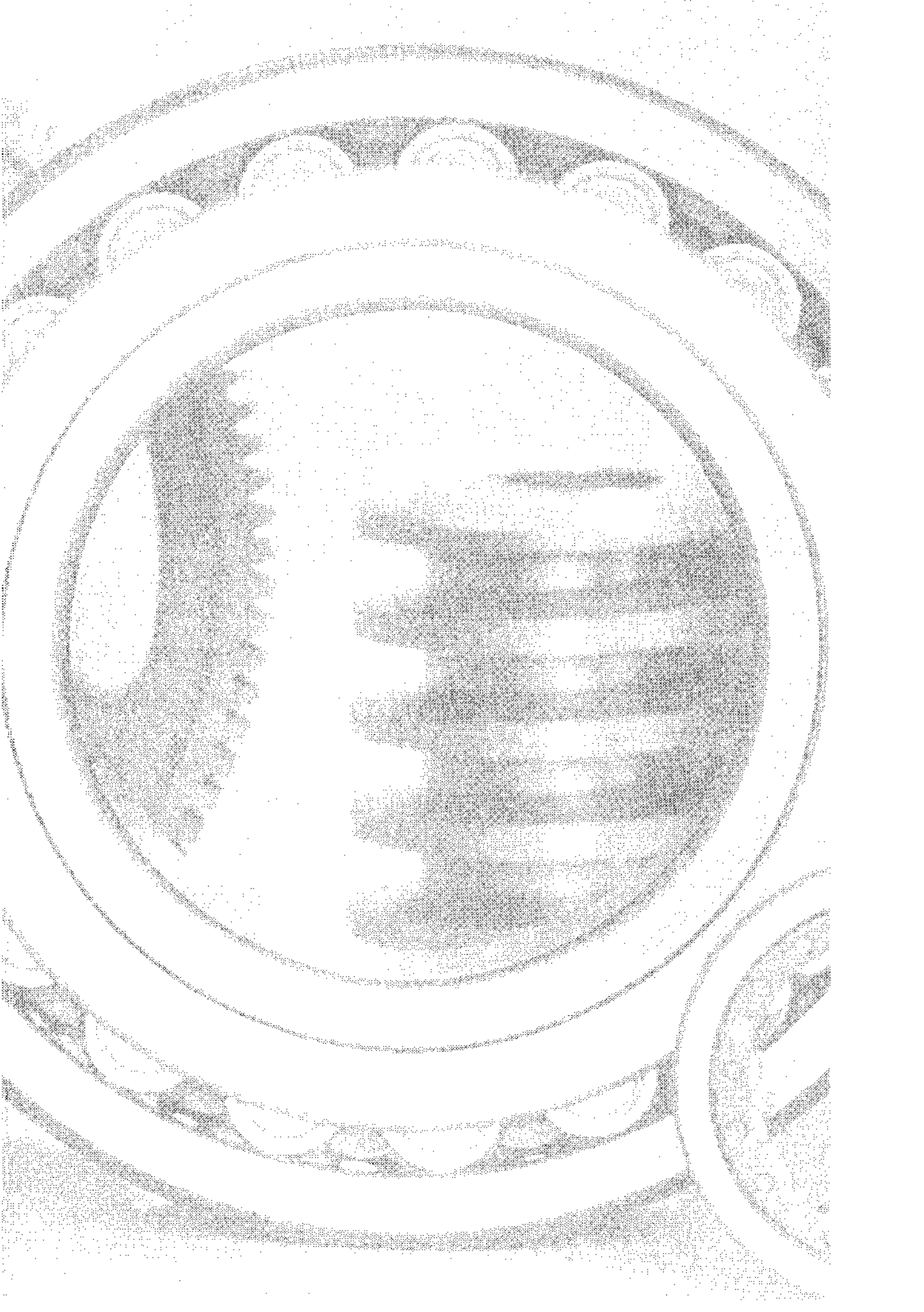


Parte II

Comprensión detallada de los procesos

5

Mapeo del valor



Antecedentes

Los mapas de valor se utilizan para conocer a fondo el proceso tanto dentro de la planta como en la cadena de suministro.

Esta herramienta ha permitido entender completamente el flujo y, principalmente, detectar las actividades que no agregan valor al proceso; además, ha sido uno de los pilares para establecer planes de mejora con un objetivo y un enfoque muy precisos.

Como punto de partida, establezcamos algunos aspectos de las operaciones que debemos contestar al realizar un mapa de valor.

1. ¿Cuál es la capacidad del sistema de producción?
2. ¿Cuál es el cuello de botella?
3. ¿Cuál es la velocidad a la que compra el cliente?
4. ¿Cuál es el porcentaje de capacidad disponible?
5. ¿Nuestras restricciones son internas o externas?
6. ¿Cuáles son las limitantes para las metas de nuestro negocio?
7. ¿Cómo diseñaremos nuestro sistema para cumplir los compromisos?

El análisis de valor puede aportar información muy valiosa para responder a estas preguntas y, sobre todo, para diseñar un sistema que se adapte a las fluctuaciones de la demanda, dadas las cambiantes necesidades del cliente.

En esta época de competitividad internacional solamente prevalecerán las empresas cuyos objetivos primarios sean la velocidad de entrega y la calidad. Ya no son los grandes corporativos los que determinan el rumbo, sino las compañías más veloces en respuesta al cliente y en innovación.

Definición

Un mapa de valor es una representación gráfica de elementos de producción e información que permite conocer y documentar el

estado actual y futuro de un proceso, es la base para el análisis del valor que se aporta al producto o servicio, y es la fuente del conocimiento de las restricciones reales de una empresa, ya que permite visualizar en dónde se encuentra el valor y en dónde el desperdicio.

En el mapa de valor podemos observar y entender el flujo de la información y el flujo de los materiales, ya que una empresa de manufactura no sólo fabrica bienes, sino que también produce información.

¿Qué es una cadena de valor?

Son todas las operaciones que transforman productos de la misma familia y son necesarias para ofrecerle al cliente un producto desde el concepto o diseño, hasta la producción y el envío. En una cadena de valor existen elementos tangibles e intangibles, como equipo, personas, materiales, métodos, conocimiento, habilidades diversas, energía, etcétera.

El mapeo de la cadena consiste en ver plasmados todos esos elementos en un dibujo para entenderlos y mejorarlos, y no sólo en saber que existen.

Tipos de mapas

- Mapa del estado actual.
- Mapa del estado futuro.

El mapa del estado actual será un documento de referencia para determinar excesos en el proceso y documentar la situación actual de la cadena de valor.

En este mapa podemos observar los inventarios en proceso e información para cada operación relacionada con su capacidad, disponibilidad y eficiencia. Además proporciona información sobre la demanda del cliente, la forma de procesar la información del cliente a la planta y de la planta a los proveedores, la forma en que se distribuye al cliente y la distribución por parte de los proveedores y, finalmente, la manera en que se suministra la información a los procesos. Un mapa de valor es una herramienta

valiosa para el análisis de información, pues en una sola hoja de papel podemos ver:

- La demanda del cliente y la forma de confirmar los pedidos.
  La demanda hacia los proveedores y la forma de confirmar los pedidos.
- La forma de planear la producción y las compras.
- El proceso de entregas de los proveedores y al cliente.
- La secuencia de las operaciones de producción.
- La información relevante de cada operación.
- Los inventarios en materia prima, proceso y producto terminado.
- El tiempo que agrega valor y el que no agrega valor.
- Los tiempos de entrega desde materia prima hasta producto terminado.

Un mapa de la cadena de valor es una herramienta muy útil que permite visualizar las actividades que agregan y las que no agregan valor a los procesos, a fin de detectar los cuellos de botella y los puntos críticos del proceso, y es un instrumento básico para saber en dónde enfocar los esfuerzos de mejora y no tratar de aplicar herramientas de mejora *Lean* deliberadamente en cualquier parte de la cadena de valor.

Implementación del mapa de la cadena de valor.

El mapa de valor futuro presenta la mejor solución a corto plazo para la operación, tomando en cuenta las mejoras que se van a incorporar al sistema productivo. Es importante observar que los mapas futuros presentan sistemas jalar, a diferencia de los mapas actuales, que muestran sistemas de empuje.

El mapa futuro representa parte del plan de acción para implementar las herramientas *Lean*, dada una situación previamente analizada. Las herramientas *Lean* que se muestran en este mapa como un relámpago representan la serie de eventos *kaizen*

que debe realizar el equipo y que se describirán en cada tema según sea necesario.

Es importante aclarar que no todas las mejoras se implementan al mismo tiempo, sino que se presenta un plan de ataque y una priorización de actividades. El mapa del estado futuro es el plan de inicio para la construcción de un nuevo esquema de trabajo y debe ser claro, a fin de que todo el equipo hable un lenguaje común y esté consciente de los cambios y mejoras que se introducirán al proceso. Además, el mapa del estado futuro constituye la base para una implementación *Lean*.

Mediciones importantes

Tiempo de ciclo

a) **Tiempo de ciclo individual:** es el tiempo que dura cada operación individual, como pintar una pieza, esmerilar, empacar.

El tiempo de cada operación individual se puede dividir a su vez en elementos específicos, como tomar material, mover piezas, realizar ensambles, etc. Este nivel de detalle se documentará en la tabla combinada de operaciones estandarizadas que se proporciona en el capítulo 18, "Trabajo estándar".

b) **Tiempo de ciclo total:** es el tiempo que duran todas las operaciones y se calcula sumando el tiempo de ciclo individual de cada operación en un proceso determinado.

Tiempo *takt*

El tiempo *takt* es la velocidad a la que compra el cliente y es el tiempo al que el sistema de producción debe adaptarse para satisfacer las expectativas del cliente.

Fórmula: tiempo disponible/demanda

Ejemplo

Tiempo disponible por día

= 8 horas − 30 minutos de comida y descanso = 450 minutos.

450 min./turno × 1 turno × 60 seg./min. = 27,000 seg.

Demanda mensual = 7510 piezas.
Demanda diaria = 7510 pzas. ÷ 22 días hábiles = 341 piezas diarias.

Tiempo *takt* = 27,000 seg. ÷ 341 pzas. = 79 seg./pza.

Esto significa que el cliente está dispuesto a comprar una pieza cada 79 segundos (vea la hoja de cálculo de la figura 5.1).

En la ilustración podemos observar la tendencia de la demanda y vemos el cálculo del tiempo *takt* para una demanda mensual de 7510 unidades y un tiempo disponible diario de 27,000 segundos, lo que da como resultado un tiempo *takt* de 79 segundos por pieza.

¿Para qué sirve un mapa de valor?

Las siguientes son algunas de las utilidades de un mapa de valor:

- Establecer un método gráfico para entender toda la cadena de suministro en un solo documento.
- Visualizar todas las operaciones e información de una familia de productos.
- Detectar áreas de oportunidad.
- Conocer la aportación de valor directo a los productos.
- Reconocer formas de desperdicio.
- Conocer detalladamente el proceso.
- Detectar cuellos de botella.

¿Cuándo se utiliza un mapa de valor?

Realizamos un mapa de valor cuando vamos a iniciar un proceso de mejora en una familia específica de productos y necesitamos enfocarnos en las herramientas que utilizaremos para encontrar los puntos de mayor impacto y centrar en ellos nuestros esfuerzos. Estos puntos pueden ser cuellos de botella, puntos críticos, áreas con potencial, etcétera.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
7920	6340	5255	7344	9210	8714	9456	6940	5679	6710	8710	7840

						Demanda mensual	7510
Días laborales		Tiempo disponible	22002	seg			
Horas por turno		Demanda diaria	341			7920	
Turnos							6
Descansos por turno (min)	30	Tiempo takt	79	seg/pza			

El cliente está dispuesto a comprar una pieza cada 79 segundos

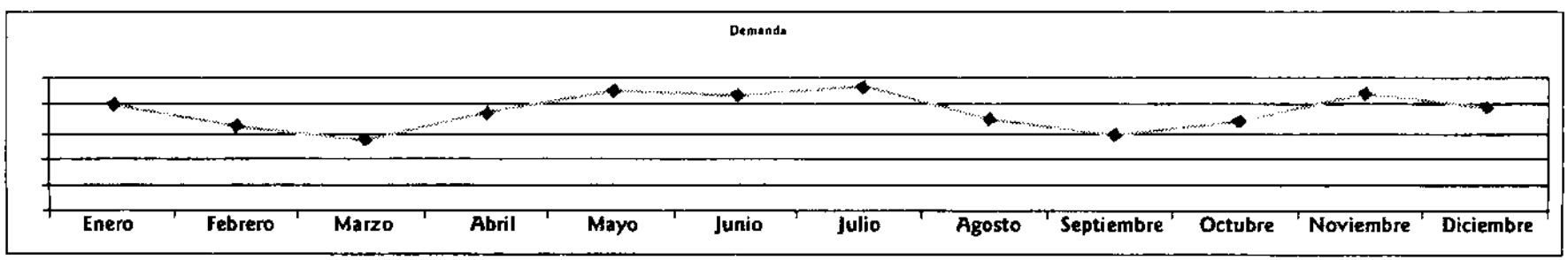


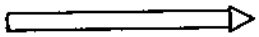
Figura 5.1

¿Cuánto tiempo toma realizar un mapa de valor?

La realización de un mapa de valor toma entre cuatro y siete días.

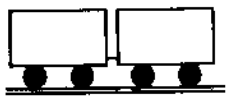
Símbolos que se utilizan en un mapa de valor

Fuentes externas: representa clientes y proveedores.



Flecha de traslado de proveedor a planta o de planta al cliente.

Transporte mediante camión de carga.



Transporte por tren.

Transporte por avión.

Operación del proceso.

Casillero de datos que se coloca debajo de las operaciones. En él se incluye información como tiempo de ciclo, tiempo de cambio entre productos, fiabilidad del equipo, tiempo disponible por turno, *yield*, etcétera.

Flecha de empuje que se utiliza para conectar operaciones en las que el material se mueve mediante un sistema empujar.

PEPS Enlace de operaciones basado en la secuencia "primeras entradas, primeras salidas".

Relámpago *kaizen*. Sirve para dar a entender que en este punto de la cadena de valor se debe realizar un evento de mejora enfocado a implementar la herramienta *Lean* que contenga el relámpago.

Procedimiento para realizar un mapa de valor

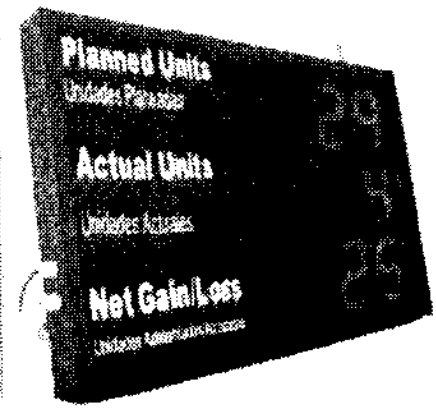
- Establecer familias de productos.
- Crear el mapa de valor actual.
- Crear el mapa de valor futuro.
- Realizar mejoras mediante la aplicación de eventos kaizen.

Para ilustrar el concepto, realizaremos un mapa de valor de ejemplo seguido del procedimiento para llevarlo a cabo.

Ejemplo

La compañía Lean Shop fabrica tableros para el control de producción e indicadores. Los modelos de tablero que fabrica son los siguientes:

AX - 1	Tablero básico
AZ - 2	Tablero de control remoto
WB - 3	Tablero WEB
XR - 4	Tablero colors
MN - 5	Manual estándar
MN - 6	Manual financiero
MN - 7	Manual global



Cortesía: leanshop.net

Establecer familias de productos

Para establecer las familias de productos, se deben enlistar todos los números de parte e indicar las operaciones por las que pasa un producto, así como anotar el tiempo de ciclo para cada operación.

Tiempo de ciclo = tiempo que transcurre desde que inicia una operación hasta que termina.

Operaciones / Productos		Cortar piezas	Pintar	Perforar	Ensamble electrónico	Cargar software	Ensamble de módulo de control	Ensamble final	Pruebas	Empaques	Total
Modelo	Descripción										
AX - 1	Tablero básico	25	45	12	45	22	34	114	35	55	387
AZ - 2	Tablero de control remoto	35	45	14	62	22	56	134	56	66	490
WB - 3	Tablero WEB	28	45	19	56	22	44	121	33	49	417
XR - 4	Tablero colors	22	45	11	50	22	32	119	44	51	396
MN - 5	Manual estándar	15	45	5	x	x	x	123	47	48	283
MN - 6	Manual financiero	10	45	15	x	x	x	123	49	45	286
MN - 7	Manual global	6	45	15	x	x	x	123	52	42	283

Figura 5.2

En esta tabla podemos observar que los primeros cuatro productos pasan por el mismo número de operaciones, mientras que los tableros manuales no pasan por tres operaciones. En este momento tenemos dos familias identificadas.

Una familia es un grupo de números de parte que pasan por el mismo número de operaciones y cuyo tiempo total agregado no excede a 30% sobre el rango.

Crear el mapa de valor actual

Para este ejemplo realizaremos el mapa de la familia de los tableros electrónicos.

Operaciones / Productos		Cortar piezas	Pintar	Perforar	Ensamble electrónico	Cargar software	Ensamble de módulo de control	Ensamble final	Pruebas	Empaques	**Total**
Modelo	Descripción										
AX - 1	Tablero básico	25	45	12	45	22	34	114	35	55	**387**
AZ - 2	Tablero de control remoto	35	45	14	62	22	56	134	56	66	**490**
WB - 3	Tablero WEB	28	45	19	56	22	44	121	33	49	**417**
XR - 4	Tablero colors	22	45	11	50	22	32	119	44	51	**396**

Nota: Es recomendable utilizar hojas tamaño tabloide o doble carta y realizar los mapeos a mano para entender bien el proceso y documentarlo posteriormente en el archivo relacionado con este capítulo (5VSM.xls).

Figura 5.3

Para realizar el mapa necesitamos lo siguiente:

- Obtener los datos del tiempo de ciclo para cada operación del proceso.
- Obtener los datos de disponibilidad de cada equipo del proceso (vea el capítulo 9).
- Obtener el tiempo de cambio de producto en cada operación del proceso (vea el capítulo 11).
- Determinar los inventarios observados en cada etapa del proceso, iniciando con el de materia prima, después los inventarios en proceso y finalmente el de producto terminado.
- Conocer la demanda del cliente, la forma en que pide y las cantidades que solicita.
- Determinar cómo se preparan los pronósticos de compra, la forma de pedir y las cantidades que se piden a los proveedores.
- Comprender la secuencia de flujo del proceso y de la información.

- Dibujar el símbolo correspondiente al cliente y conectarlo con el símbolo de control de proceso mediante las flechas de información.
- Escribir MRP, si la compañía corre MRP para la planeación de los materiales.
- Dibujar las flechas de información hacia el proveedor.
- Conectar al proveedor con el almacén de materiales.
- Dibujar la secuencia de proceso y considerar los inventarios intermedios.
- Dibujar el símbolo del proceso de control de información.
- Usando las casillas de proceso, hacer el siguiente segmento del mapa: el de los procesos básicos de producción.
- Sumar los plazos de cada proceso y de cada triángulo de inventario en el flujo de material para obtener una estimación bastante precisa del plazo de entrega de la producción total.
- Sumar el tiempo de cada proceso de valor agregado o de transformación de la cadena de valor y compararlo con lo obtenido en el punto anterior.

Se tienen los siguientes datos:

Inventario de materia prima: 4 días.

OPERACIÓN 1: Cortar piezas.
Máquinas: cortadoras semiautomáticas con alimentación manual de materiales.
Tiempo de ciclo: 22 segundos.
Tiempo de cambio entre productos: 25 minutos.
Fiabilidad del equipo: 80%.
Operadores por equipo: 1.
Inventario en proceso: 712 piezas.

OPERACIÓN 2: Pintar.
Cabinas de pintura individuales con mecanismo de horneado automático.
Tiempo de ciclo: 45 segundos.

Tiempo de cambio entre productos: 5 minutos.
Fiabilidad del equipo: 95%.
Operadores por equipo: 1.
Inventario en proceso: 450 piezas.

OPERACIÓN 3: Perforar.
Taladros de pedestal con capacidad para una broca.
Tiempo de ciclo: 19 segundos.
Tiempo de cambio entre productos: 0 minutos (todas las perforaciones son estándar).
Fiabilidad del equipo: 95%.
Operadores por equipo: 1.
Inventario en proceso: 632 piezas.

OPERACIÓN 4: Ensamble electrónico.
Mesa de ensamble con capacidad para almacenar los componentes.
Tiempo de ciclo: 63 segundos.
Tiempo de cambio entre productos: 0 minutos (actividades solamente manuales).
Fiabilidad del equipo: 100%.
Operadores por estación: 1.
Inventario en proceso: 310 piezas.

OPERACIÓN 5: Cargar software.
Computadora personal con dispositivo de carga de software a chip.
Tiempo de ciclo: 22 segundos.
Tiempo de cambio entre productos: 0 minutos (sólo seleccionar el archivo).
Fiabilidad del equipo: 98%.
Operadores por estación: 1.
Inventario en proceso: 110 piezas.

OPERACIÓN 6: Ensamble de módulo de control.
Mesa de ensamble con capacidad para almacenar los componentes.

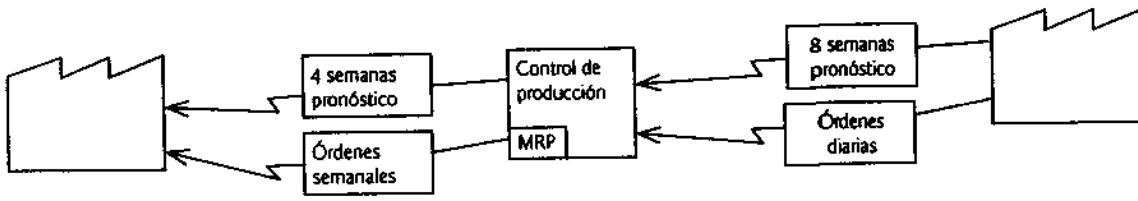
Tiempo de ciclo: 32 segundos.
Tiempo de cambio entre productos: 0 minutos (actividades solamente manuales).
Fiabilidad del equipo: 100%.
Operadores por estación: 1.

OPERACIÓN 7: Ensamble final y pruebas.
Mesa de ensamble con capacidad para almacenar los componentes.
Tiempo de ciclo: 134 segundos.
Tiempo de cambio entre productos: 0 minutos (actividades solamente manuales).
Fiabilidad del equipo: 100%.
Operadores por estación: 1.
Inventario en proceso: 217 piezas.

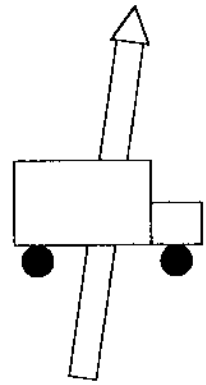
OPERACIÓN 8: Empaque.
Mesa de empaque.
Tiempo de ciclo: 49 segundos.
Tiempo de cambio entre productos: 0 minutos (actividades solamente manuales).
Fiabilidad del equipo: 100%.
Operadores por estación: 1.
Inventario en proceso: 1456 piezas.

Dibujo del mapa actual

1. Para dibujar el mapa actual, iniciamos colocando el símbolo del cliente en la esquina superior del papel doble carta y conectamos el flujo de la información con el control de producción, el cual manda a su vez los requerimientos al proveedor con las previsiones de material.



2. Dibujamos los transportes de los proveedores.



3. Dibujamos la secuencia de las operaciones estableciendo el tiempo de cada operación, el tiempo de cambio de productos, la disponibilidad de los equipos, el tiempo disponible y los inventarios en proceso.

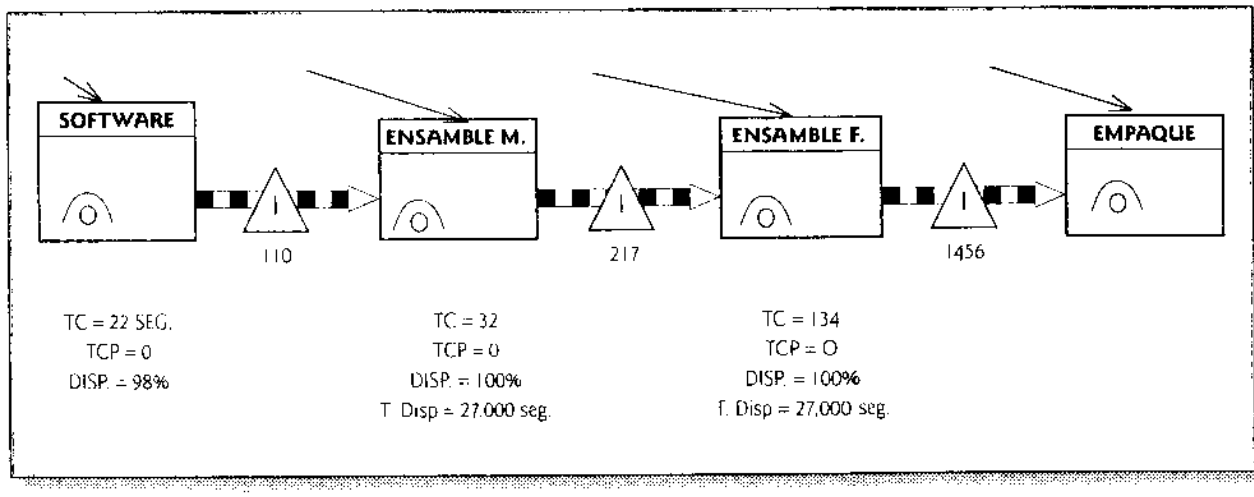


Figura 5.4

4. Conectamos la fábrica de la información con la de los productos mediante las flechas que indican que el programa de producción se realiza para cada operación (vea la figura 5.5).
5. Integramos todo el mapa y evaluamos el tiempo que agrega valor (vea la figura 5.6).

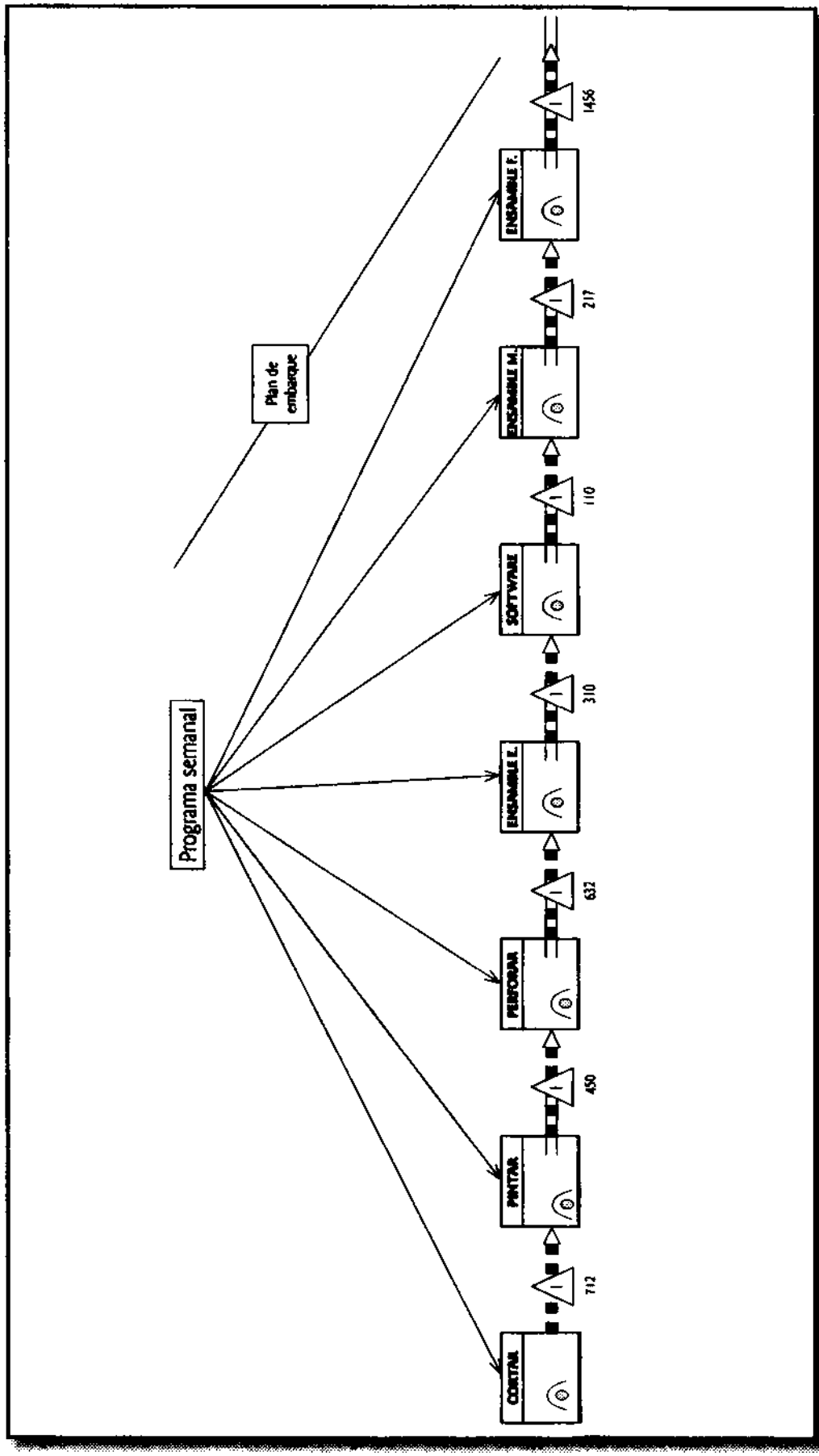

Programa semanal
Plan de embarque
CORTAR
712
PINTAR
450
PERFORAR
632
ENSAMBLE E.
310
SOFTWARE
110
ENSAMBLE M.
217
ENSAMBLE F.
1456

Figura 5.5

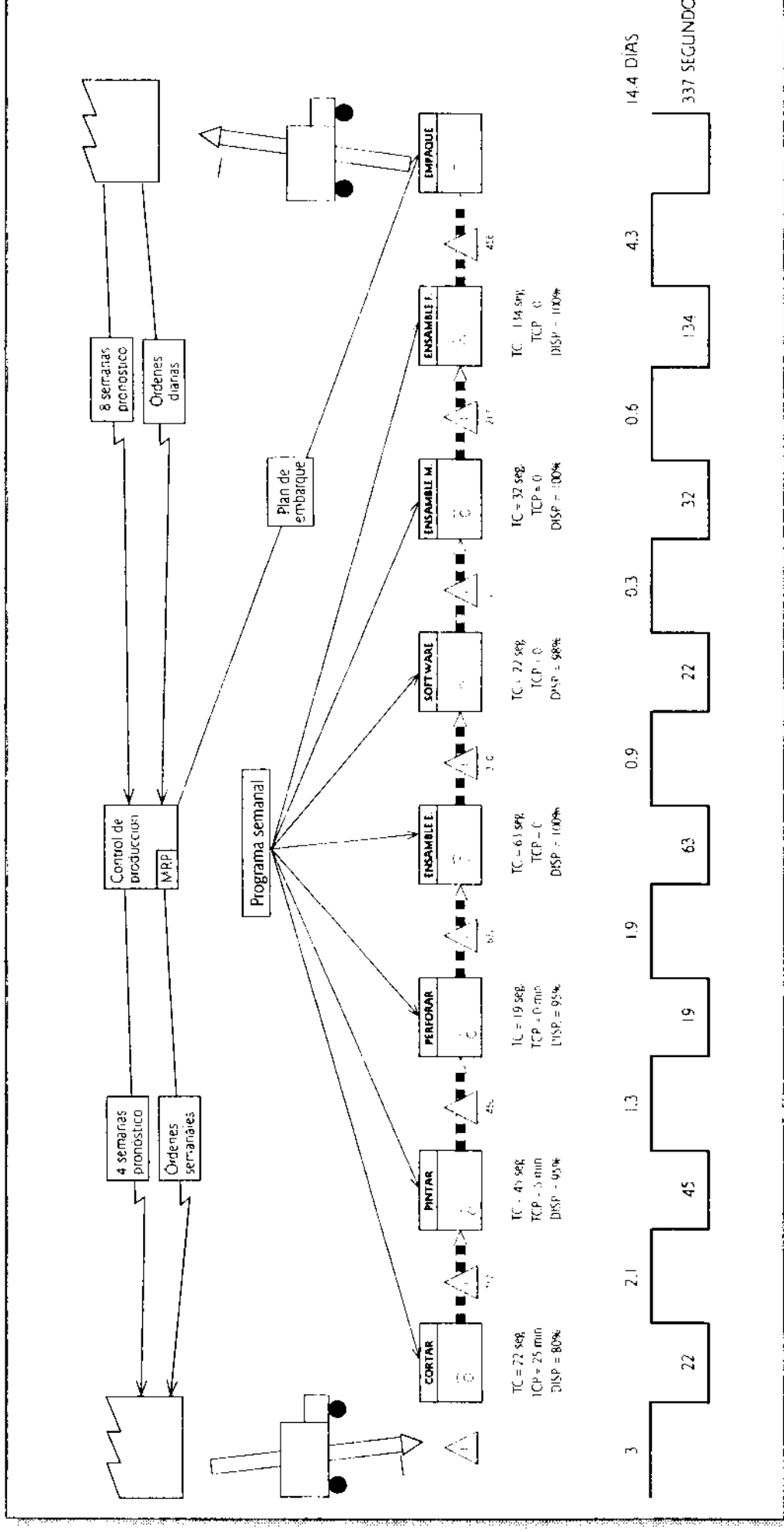

8 semanas pronóstico
Órdenes diarias
Control de producción
MRP
4 semanas pronóstico
Órdenes semanales
Plan de embarque
Programa semanal
CORTAR
TC = 22 seg.
TCP = 25 min
DISP = 80%
PINTAR
PERFORAR
TC = 19 seg.
DISP = 95%
ENSAMBLE E.
TC = 61 seg.
TCP = 0
DISP = 100%
SOFTWARE
TC = 22 seg.
TCP = 0
DISP = 98%
ENSAMBLE M.
TC = 32 seg.
TCP = 0
DISP = 100%
ENSAMBLE F.
TC = 114 seg.
TCP = 0
DISP = 100%
EMPAQUE
14.4 DIAS
337 SEGUNDOS
4.3
0.6
0.3
0.9
1.9
1.3
2.1
3
134
32
22
63
19
45
22

Figura 5.6

En la parte inferior dibujamos una escalera; en los escalones inferiores se coloca el tiempo que agrega valor y en los superiores el tiempo que no agrega valor. En este caso convertimos los inventarios a días, dividiendo cada inventario entre la demanda diaria (341).

6. Calculamos el tiempo *takt*.

   Tiempo disponible = 27,000 segundos diarios.
   Demanda = 341 tableros diarios.

   Tiempo *takt* = 27,000 seg. ÷ 341 pzas. = 79 seg./pza.

   Eso significa que el cliente está dispuesto a comprar un tablero cada 79 segundos, por lo que ése será nuestro objetivo de producción.

Detalle de los cálculos:

Tiempo total = 8 horas = 480 minutos.
Tiempo de comidas = 30 minutos.
Tiempo disponible = 450 min. × 60 seg./min. = 27,000 seg.

Demanda mensual = 7510 unidades.
Días laborables = 22.
Demanda diaria = 7510 u. ÷ 22 = 341 unidades.

Crear el estado futuro

Para dibujar el mapa del estado futuro consideraremos los siguientes puntos:

a) Desarrollar un flujo continuo siempre que las operaciones puedan estar una inmediatamente después de la otra.
b) Cuando no se puedan juntar las operaciones por alguna razón, introducir supermercados para unir los flujos discontinuos.
c) Proponer eventos *kaizen* para aplicar las herramientas *Lean* conforme se necesiten.

d) Dibujar el mapa del estado futuro.
e) Dibujar el plano de la planta en el estado futuro.

a) Desarrollar un flujo continuo (vea el capítulo 10, "Manufactura celular")

Para ilustrar el ejemplo, primero uniremos todas las operaciones que permitan establecer un flujo continuo para crear una célula de producción y lo representaremos en el mapa futuro. En este caso uniremos todas las operaciones en un solo flujo, procurando mover materiales de una estación a otra.

b) Crear supermercados

Como pudimos agrupar todas las operaciones sin ninguna restricción, entonces procedemos a establecer los supermercados, uno en el almacén de materiales y el otro en el almacén de producto terminado.

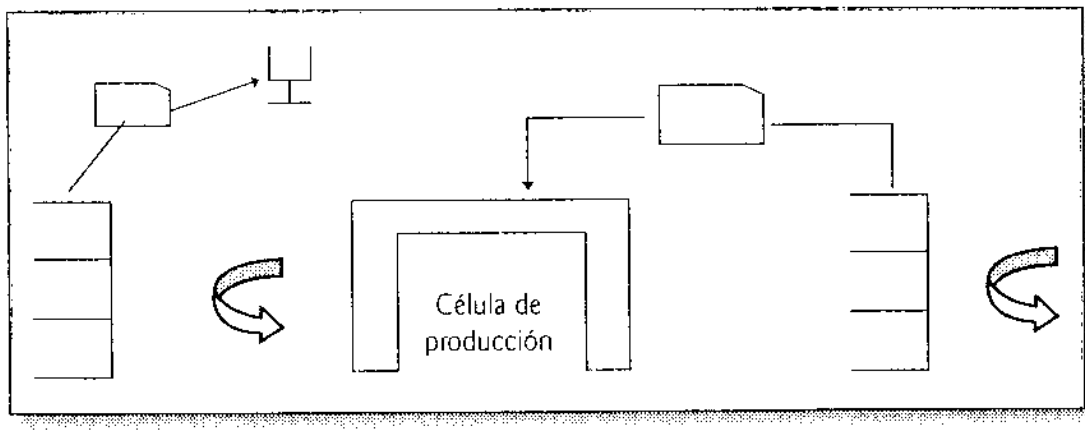


Figura 5.7

En este esquema podemos observar que, cuando se retira un producto del supermercado de producto terminado, se retira una tarjeta de *kanban* de ese producto y se manda a la célula para indicarle que tiene que producir para reponer el producto o conjunto de productos que retiró el cliente; como la célula requiere materiales, los retira del supermercado y simplemente se manda la tarjeta a compras para pedir que los proveedores surtan los materiales correspondientes en el supermercado de materiales.

c) Realizar mejoras mediante la aplicación de eventos *kaizen*
Los relámpagos en el mapa del estado futuro indican que se realizarán eventos de mejora para llevar a la práctica todas las modificaciones en el proceso. En el capítulo 6 se explica a deltalle la realización de los eventos *kaizen*.

El primer evento *kaizen* consistiría en establecer actividades y tiempos para los operadores que conformarían el equipo de la célula (vea el capítulo 10).

El segundo evento *kaizen* podría consistir en implementar mantenimiento productivo total para mejorar la disponibilidad de los equipos, especialmente de la máquina de corte, pero sin olvidar que los otros equipos también tengan su plan de mantenimiento diario (veremos con más detalle este tema en el capítulo 9, "Mantenimiento productivo total").

El tercer evento *kaizen* consistiría en implementar cambios rápidos para hacer varios modelos en el mismo día, a fin de tener mucha mayor flexibilidad ante cualquier cambio en la demanda (veremos este tema con más detalle en el capítulo 11, "Cambios rápidos de productos").

En el capítulo 6 veremos con detalle la manera de preparar, realizar y dar seguimiento a los eventos de mejora.

¿Qué eventos deben realizarse primero?
La secuencia de los eventos *kaizen* la determinan las prioridades observadas en el análisis del mapa futuro. Generalmente se inicia con flujo continuo o manufactura celular, si el proceso tiene maquinaria, se sigue con un evento de mantenimiento productivo total, cambios rápidos y *poka yoke*. Esta secuencia depende de las prioridades de cada empresa.

d) Dibujar el mapa del estado futuro

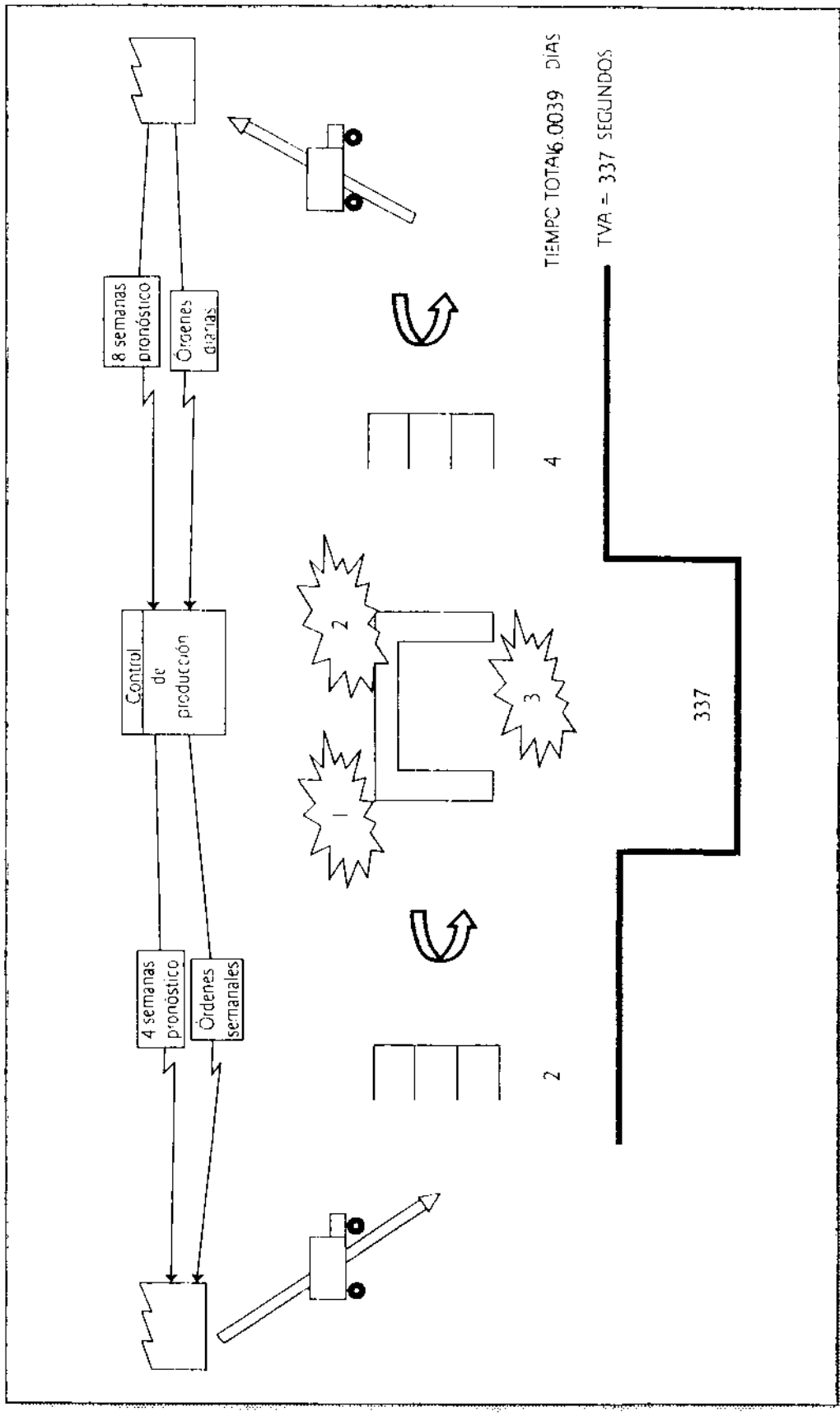


Figura 5.8

Para llevar a cabo el mapa futuro, primero debemos preguntarnos si la planta implementará un *kanban* en producto terminado o enviará directamente el producto al cliente, sin almacenarlo. En el caso de Lean Shop, se decide implementar un supermercado de producto terminado de cuatro días para empezar y posteriormente calcular el tamaño del *kanban* correcto en la medida que se aprende del sistema y se logra el flujo continuo entre las operaciones de la célula.

En el mapa del estado futuro podemos observar que ahora, aunque se sigue utilizando la información del cliente para trabajar, el flujo se ha convertido totalmente en jalar en lugar de empujar, como lo era en el concepto anterior. Ahora, cuando el cliente compra, una tarjeta *kanban* le avisa inmediatamente al proceso anterior, es decir, a la célula, que debe reponer lo que el cliente retiró; el proveedor debe resurtir el material que la célula utilizó a fin de mantener el supermercado surtido de los materiales necesarios para no parar la producción, y así sucesivamente.

Podemos observar que la planeación de la producción y el control de los materiales ahora dependen completamente del sistema *kanban* y reprogramar automáticamente la producción (veremos una explicación detallada de este sistema en el capítulo 16, "*Kanban* para control de materiales y de producción").

e) Dibujar el plano de la planta en el estado futuro

Cuando realizamos el dibujo de la distribución del nuevo esquema de trabajo, vemos claramente que el flujo ya es continuo y que hemos liberado gran cantidad de espacio. Además, ahora tenemos tres células, cada una de las cuales puede realizar tres modelos diferentes al mismo tiempo. La distancia de recorrido total es de 185 metros para cada tablero que se produce en esta planta.

Logros alcanzados hasta el momento

Con algunos cambios que se han realizado principalmente en políticas como la secuencia de producción, la forma de planear la producción, el método de control de materiales, la combinación de trabajos entre los operadores y las mejoras *kaizen* propuestas, los resultados son los siguientes:

	ANTES	DESPUÉS	AHORRO
Área utilizada (metros cuadrados)	1259	640	**619**
Número de operadores	10	5	**5**
Distancia recorrida	185	92	**93**
Tiempo de puerta a puerta (días)	14.4	6.004	**8.396**
Inventario en material (días)	3	2	**1**
Inventario en proceso (días)	7.1	0	**7.1**
Inventario terminado	4.3	4	**0.3**
Vueltas de inventario	16.7	40.0	**23.3**

Estos resultados indican grandes logros en un periodo muy corto y, sobre todo, que la empresa se hace más flexible ante los mercados continuamente cambiantes y con exigencias cada vez mayores.

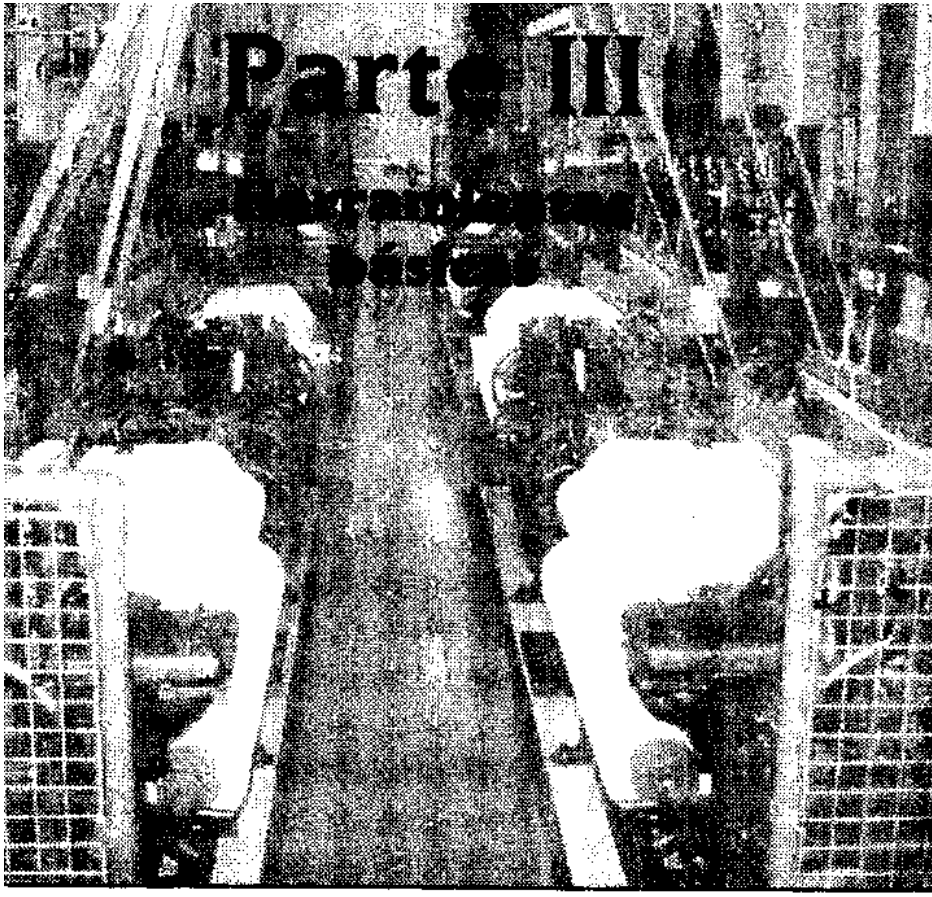
Es muy importante no realizar las mejoras sin haber realizado previamente el mapeo actual y futuro, ya que si hacemos directamente las mejoras sin hacer un análisis profundo y detallado, no existirá un enfoque definido y será un motivo probable de fracaso en la implementación *Lean*. Cuando dibujamos utilizando papel y lápiz, se llevan a cabo procesos de pensamiento y entendimiento profundos que no deben ser sustituidos por computadoras. Una vez que hemos realizado manualmente el mapa y hemos comprendido dónde está el valor y dónde el desperdicio, podemos utilizar un software especializado o bien la hoja de cálculo con los símbolos para realizar el mapa computarizado.

Herramientas y conceptos útiles para la aplicación

- Conocer el ritmo de la demanda (tiempo *takt*).
- Determinar en qué elementos se puede introducir un flujo continuo.
- Establecer los supermercados utilizando tarjetas *kanban*.
- Detectar el punto que marca la restricción en el sistema.
- Introducir la nivelación de producción.
- Introducir mejoras en el proceso por medio de eventos de mejora.

Archivos y formas aplicables

Archivo 5VSM.xls.

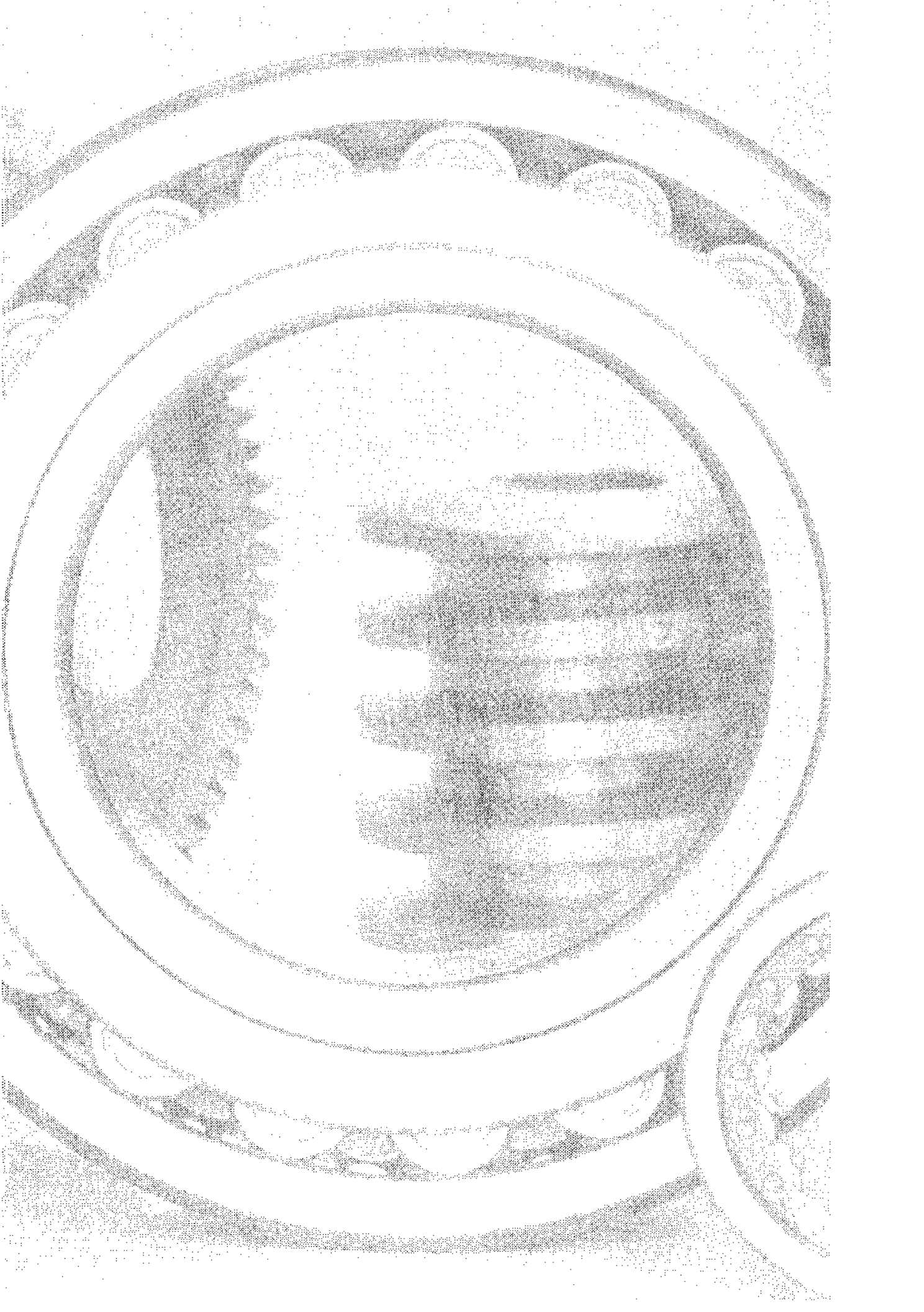


Parte III

Herramientas básicas

6

Eventos kaizen *para aplicar las mejoras al proceso*



Antecedentes

Kaizen es una palabra japonesa que significa "mejora". Sin embargo, sólo recibió el término de "continua" hasta que sus principios empezaron a ser adoptados por organizaciones occidentales. En la cultura japonesa todos tienen claro (por tradición) que al hablar de mejora se habla de cambios constantes, mientras que en occidente se tiene la costumbre de especificar lo que se necesita. Así pues, hoy en día todos relacionamos el concepto de *kaizen* con "mejora continua".

"Sabio no es aquel que sabe mucho, sino el que aplica lo poco que sabe."

Kaizen es una forma poderosa de hacer mejoras en todos los niveles de la organización, y hoy en día la practican las corporaciones líderes de todo el mundo. Su principal utilidad radica en su aplicación gradual y ordenada, que implica el trabajo conjunto de todas las personas en la empresa para hacer cambios sin hacer grandes inversiones de capital.

Para entender el poder de la mejora continua debemos preguntarnos cuántas mejoras aporta cada uno de nosotros a la organización en la que trabaja. Por ejemplo, si cada trabajador aportara tan sólo 10 propuestas al año, serían 10,000 mejoras al año en una compañía de 1000 empleados. Como consecuencia, tendríamos un sinfín de cambios y nuevas oportunidades de ser más productivos. No se necesitan cambios espectaculares, sino mayores de 1%, pero hay que hacerlas todos los días.

"En una ocasión a una gallina le pidieron que pusiera 30 huevos en un mes, lo cual le molestó mucho y le hizo pensar que estaban abusando de su capacidad. Sin embargo, después le pidieron que pusiera un solo huevo al día, y ella contestó gustosa: 'Siendo así, pongo hasta dos huevos diarios sin ningún problema'."

Definición

Implementación de eventos *kaizen*.

Un evento *kaizen* es una cadena de acciones realizadas por equipos de trabajo cuyo objetivo es mejorar los resultados de los procesos existentes. Mediante estas acciones, los dueños de los procesos y los operadores pueden realizar mejoras significativas en su lugar de trabajo que se traducirán en beneficios de productividad (y como consecuencia, de rentabilidad) para el negocio.

¿Para qué sirven los eventos *kaizen*?

Los eventos *kaizen* resultan extremadamente efectivos para mejorar rápidamente un proceso mediante la implementación de herramientas que ayudan a:

- Reducir los desperdicios (menos *mudas*).
- Mejorar la calidad y reducir la variabilidad (menos *muras*).
- Mejorar las condiciones de trabajo (menos *muris*).

Será en la implementación de estos eventos *kaizen* cuando surja la necesidad de utilizar algunas herramientas *Lean* mencionadas en este libro, dependiendo de las metas que cada organización quiera alcanzar.

¿Cuándo se utilizan los eventos *kaizen*?

Por lo general, la aplicación de eventos de mejora se lleva a cabo cuando:

- Existe un problema de calidad.
- Queremos mejorar la distribución de las áreas.

- Necesitamos reducir el tiempo de preparación de las máquinas.
- Necesitamos disminuir el tiempo de entrega a los clientes (internos o externos).
- Deseamos reducir los gastos de operación.
- Necesitamos mejorar el orden y la limpieza.
- Queremos reducir la variabilidad de una característica de calidad.
- Deseamos hacer más eficiente el uso de los equipos.

¿Qué se puede lograr con los eventos *kaizen*?

- Mejoras rápidas en el desempeño de procesos específicos de producción o celdas de manufactura.
- Tiempos muy cortos de cambio de productos.
- Mejores distribuciones de planta.
- Mejor desempeño de la maquinaria.
- Mejora en orden y limpieza.
- Mejor calidad de primera intención.
- Mejor comunicación entre los operadores.
- Mayor capacidad de producción.
- Condiciones de trabajo más seguras y ergonómicas.

Como podemos ver en la figura 6.1, en una empresa con un enfoque tradicional, las actividades que no agregan valor superan por mucho a las que sí lo hacen, y son las principales causas de los problemas de competitividad.

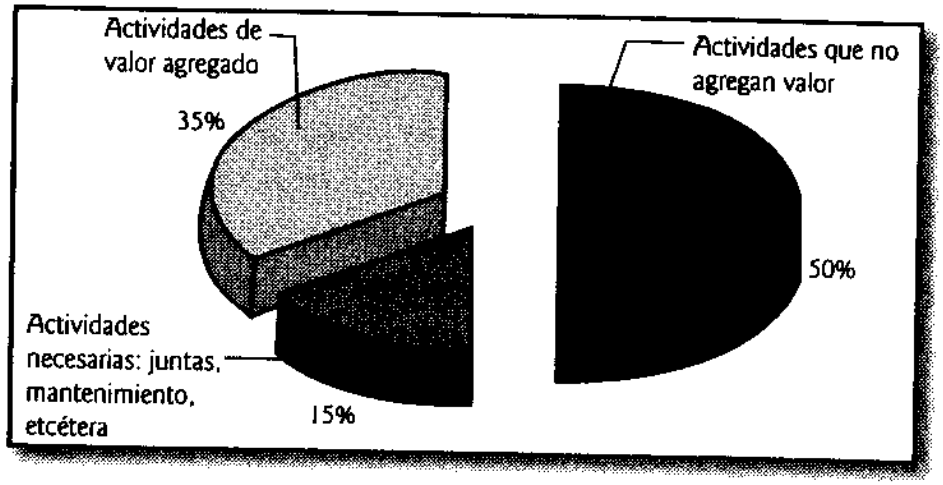


Figura 6.1

Resultados esperados después de un evento *kaizen*

El objetivo de un evento *kaizen* es que al finalizar cada proyecto de mejora, la empresa vea cambios en los resultados de los procesos al ir eliminando sus fuentes de pérdida (*muri*, *mura*, *muda*). El desperdicio en el trabajo total de un proceso debe ser cada vez menor, con lo cual se aprovechan mejor los recursos del negocio y se incrementa su rentabilidad y respuesta al cliente.

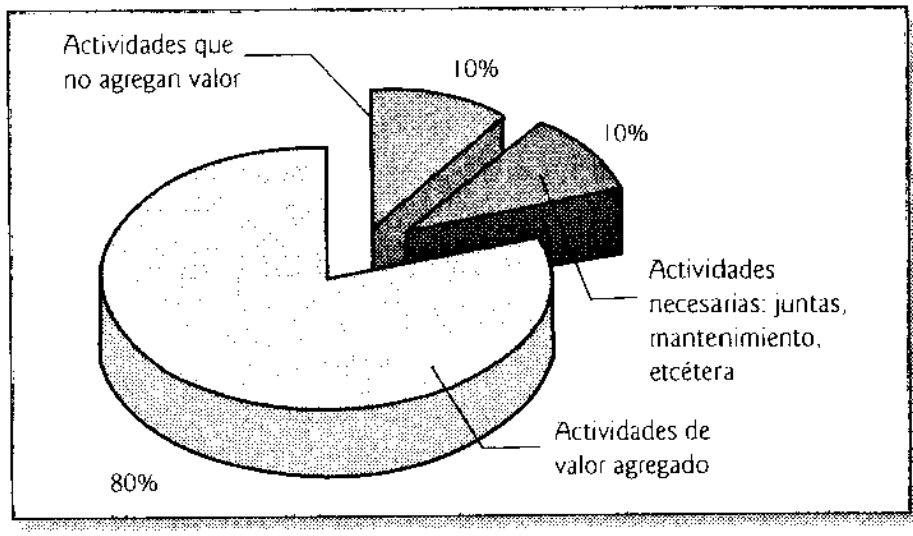


Figura 6.2

¿Cuánto tiempo toma realizar un evento *kaizen*?

Dependiendo del impacto en el proceso y la dificultad del mismo, regularmente toma de uno a cinco días llevar a cabo cada evento *kaizen*. Es importante tener claro que este rango no es al azar; esto significa que cada equipo debe tener bien definida la agenda de trabajo antes de iniciar el evento. Así pues, se debe conocer con anterioridad si se dedicará un día, dos o cinco, ya que todos los miembros del equipo deben programar muy bien su agenda de trabajo para que puedan dedicarse de manera ininterrumpida al evento, sin que sus labores diarias los distraigan del mismo.

Si cuantificamos el tiempo efectivo que le hemos dedicado a un trabajo que hemos tardado meses en realizar y que ha producido cambios significativos, nos daremos cuenta que no son más de 40 o 48 horas efectivas. El problema es que, como siempre estamos ocupados resolviendo problemas a corto plazo, no dedicamos tiempo efectivo a la mejora.

"El sabio no enseña con palabras, sino con actos."

Lao Tse

Procedimiento para llevar a cabo un evento *kaizen*

Antes de realizar el evento *kaizen*

Los eventos *kaizen* se planean con una anticipación de hasta dos meses. En esta etapa de planeación se realiza lo siguiente:

1. Se proponen y descubren las oportunidades para llevar a cabo un evento. Estas oportunidades son planteadas por gerentes, clientes o cualquier otra persona que pueda visualizarlas.
2. Se elige al líder del equipo (persona con capacidad de liderazgo y conocimiento del tema).
3. Se elige al patrocinador del evento (persona con autoridad y capaz de tomar decisiones para apoyar las propuestas del equipo).
4. Se elige al equipo. Se recomienda que sean de 7 a 10 participantes en total, incluyendo operadores, ingenieros, personal administrativo y de calidad. En ocasiones participan clientes o proveedores.
5. Se prepara la logística del evento (sala de juntas, área, producción, etcétera).
6. Se comunica a los participantes.
7. Se llena la forma 6.1, "Definición del evento *kaizen*".

Definición del evento *kaizen*

Patrocinador

Líder

Colíder

Miembros

Fecha inicio

AVANCE

20%	40%	60%	80%	100%

Métrico	Actual	Meta	Logrado	Ahorro

Resumen de ahorros

Concepto	Ahorro	Validador

Resumen de acciones realizadas

Acción	Fecha	Resultado

Inversiones realizadas

Total

Forma 6.1

8. Se prepara la documentación necesaria de acuerdo con cada tipo de evento. Esta documentación viene incluida en cada uno de los temas de aplicación en los capítulos 7 a 17.

Líder del evento kaizen

Cada evento *kaizen* debe ser liderado por un facilitador. Éste debe ser un miembro de la empresa que conozca muy bien tanto las herramientas como la metodología para que pueda dirigir las actividades de los miembros del equipo hacia el logro de las metas en tiempo.

El facilitador es un canal indispensable para conectar los resultados del evento *kaizen* con los objetivos del negocio planteados por la alta dirección (vea el capítulo 4, "Estrategia *Hoshin Kanri*"). Los facilitadores de equipos que han dado buenos resultados cuentan con las siguientes características:

- Tienen habilidades como capacitadores y de manejo de personal.
- Son reconocidos y respetados por los miembros del grupo; la gente confía en ellos.
- Tienen claro que no son los responsables del evento *kaizen* ni de su resultado. Sólo funcionan como un apoyo para los miembros del equipo.
- No pertenecen necesariamente al área o departamento que lleva a cabo el evento *kaizen*, ya que son expertos en la metodología y herramientas del mismo, pero los miembros del equipo son los expertos en el proceso por mejorar.
- Su papel resulta indispensable para mantener el enfoque del equipo en el tema del evento, como fuente de información, así como soporte del entusiasmo de los miembros.

Durante el evento *kaizen*

Primer día

El primer día se hace una reunión de apertura con todo el equipo, el director o gerente, y se realiza la siguiente agenda sugerida:

Agenda propuesta

1. El director dirige unas palabras (5 minutos). Explica la razón del evento de mejora y recalca la necesidad de los cambios.
2. El líder del equipo presenta a todo el equipo (sus posiciones, habilidades y fortalezas) y proporciona los objetivos, el alcance, la agenda, las reglas y los entregables del evento (15 minutos).
3. Se proporciona una introducción sobre el tema del evento: según el propósito del evento y la herramienta *Lean* que se va a aplicar, se realiza una presentación sencilla sobre el tema, en donde se explique:

   - Los antecedentes.
   - La definición de la herramienta; por ejemplo, TPM, *kanban*, SMED, etcétera.
   - Las mediciones importantes.
   - Los beneficios de la implementación.
   - El tiempo de implementación.
   - El procedimiento para llevarla a cabo.
   - Las actividades que va a realizar el equipo durante el evento.
   - Las consideraciones importantes de la implementación.

4. Se establece la situación actual. Se analiza el mapa de la cadena de valor (*value stream map*) y se destacan las entradas y salidas de los procesos. También puede establecerse la situación mediante la revisión de gráficas de tendencia de la situación que motivó la realización del evento, como la fiabilidad de los equipos, los tiempos de cambio, los defectos de calidad, los problemas por grandes inventarios, etcétera.
5. Se realiza una visita al área para detectar oportunidades. Es muy importante que todo el equipo visite el área en la que se llevará a cabo el evento de mejora, ya que para resolver un problema o mejorar cualquier situación, el lugar de los hechos es el punto de partida para cualquier análisis. En esta visita a las áreas es muy importante preguntar al personal cómo

perciben la situación, cómo realizan el trabajo actualmente o si tienen sugerencias de mejora. Asimismo, la observación será un elemento decisivo en la detección de oportunidades.

6 Se identifican las oportunidades. El equipo inicia la identificación de oportunidades, las cuales pueden estar en cualquiera de las limitantes de la productividad que se presentaron en el capítulo 2 y se deben documentar en las tarjetas de oportunidad (forma 6.2).

TARJETA DE OPORTUNIDAD	
Fecha:	Folio:
Área:	
Oportunidad detectada: (mano, mari, mara)	
Actividad por realizar:	Clasificación
Equipo:	
Observaciones:	
Fecha:	Folio:
Área:	
Oportunidad detectada: (mano, mari, mara)	
Actividad por realizar:	Clasificación
Equipo:	

Clasificación

Forma 6.2

Durante los días del evento se proponen ideas y se llevan a cabo aquellas que puedan ejecutarse en ese mismo evento, las cuales se clasifican normalmente como A, B y C. Las ideas A son de aplicación inmediata (1 a 4 días), las B se pueden llevar a cabo durante el evento o un poco después (1 a 2 semanas) y las C requieren un poco más de tiempo (no más de 2 meses), ya que pueden necesitar autorizaciones especiales, inversiones, etcétera.

La parte superior de la tarjeta se pega en el sitio donde se encontró la oportunidad, mientras que el talón inferior, que contiene la misma información, se lo lleva el equipo para transcribirlo en la forma 6.3, "Actividades por realizar en el evento *kaizen*".

Desarrollo de los siguientes días

Cada evento tiene un tema y un objetivo particular, pero el fin siempre es aportar ideas para mejorar y aplicarlas.

Para el desarrollo e implementación de cada aplicación, consulte los capítulos siguientes:

- Capítulo 7, "Las 5's para orden y limpieza".
- Capítulo 8, "Control visual".
- Capítulo 9, "Mantenimiento productivo total".
- Capítulo 10, "Manufactura celular".
- Capítulo 11, "Cambios rápidos de productos".
- Capítulo 12, "Prevención con AMEF".
- Capítulo 13, "A prueba de errores *poka yoke*".
- Capítulo 14, "Solución de problemas con las 8 D's".
- Capítulo 15, "Seis Sigma para reducción de la variación".
- Capítulo 16, "*Kanban* para control de materiales y de producción".
- Capítulo 17, "*Heijunka* para la secuenciación de la producción".

En cada uno de los capítulos encontrará formas o archivos para la aplicación del evento *kaizen*.

Además debe llenar la forma 6.3, "Actividades por realizar en el evento *kaizen*".

Actividades por realizar en el evento *kaizen*

No.____ Hoja____ de ____ Fecha _____

Responsable/ tarjeta núm.	Descripción	Avance 25% 50% 75% 100%	Responsable	Clasificación	Observaciones

Forma 6.3

En esta forma se detalla el número de la propuesta o tarjeta, se describen las actividades, el avance en la ejecución de la mejora, el responsable de llevar a cabo la actividad, la clasificación de la misma y las observaciones que se necesiten hacer en cada propuesta.

Este documento debe estar en un lugar visible para todos en el área donde se esté aplicando el evento para que todos puedan dar seguimiento a las mejoras.

Último día del evento

En el último día del evento se terminan los detalles de la aplicación y se hace una presentación a los directivos en la que participan todos los miembros del equipo. Esta presentación debe contener los siguientes puntos:

1. La situación que encontraron.
2. Las acciones que llevaron a cabo.
3. Los resultados que obtuvieron.

En esta presentación se muestran fotos y el listado de las oportunidades que encontró el equipo, así como las acciones que se pudieron llevar a cabo durante el evento, las que se iniciaron y las que quedaron pendientes. Después se presentan los resultados tanto cuantitativos como cualitativos y se comparan con los objetivos establecidos en la forma 6.1.

Después del evento *kaizen*

Finalmente, durante las siguientes cuatro semanas se da seguimiento a las mejoras para que los dueños del proceso las lleven a cabo de manera cotidiana.

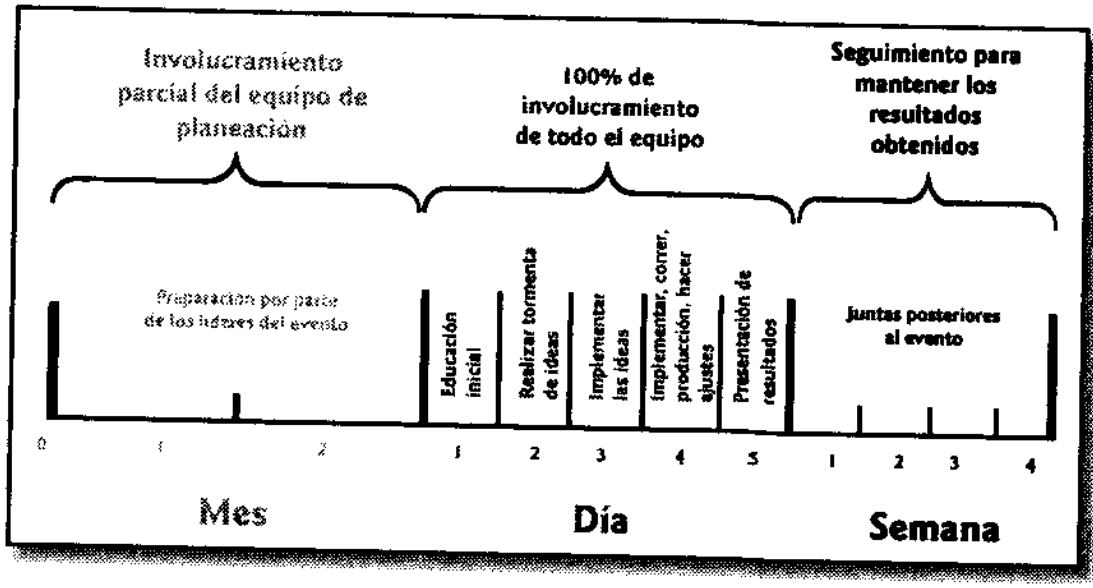


Figura 6.3

Conceptos aplicables para los eventos *kaizen*

Sistema de sugerencias

Es recomendable que la compañía cuente con un sistema de sugerencias para que, independientemente de la ejecución de los eventos *kaizen*, se puedan llevar a cabo mejoras en todas las áreas con la participación entusiasta de todo el personal.

El concepto de las mejoras continuas también se puede utilizar siempre que alguien encuentre una oportunidad de mejora en cualquier parte y área de la empresa. Por ello se sugiere como método para motivar la generación de ideas prácticas que se puedan llevar a cabo y que produzcan resultados tangibles en poco tiempo. Este sencillo concepto puede sustituir a los buzones de sugerencias, los cuales no necesariamente captan oportunidades, sino más bien algunas quejas.

Guía para el sistema de sugerencias

- Primero, recuerde que un sistema de sugerencias es un componente necesario para un programa de mejora continua. De él pueden originarse eventos *kaizen* futuros, al mismo tiempo que ayuda a mejorar la motivación del personal al permitirles aportar sus ideas.
- Integre completamente el sistema de sugerencias al sistema gerencial, incluyendo el sistema de desempeño.

- Elija un campeón de desarrollo del programa, quien debe tener claro que los programas de sugerencias no pueden ser dictatoriales ni impuestos, sino una labor de amor y compromiso.
- Reconozca solamente las ideas implementadas. No basta con tener ideas, hay que implementarlas.
- Sea eficiente y eficaz al otorgar premios a la implementación. Hágalo de manera inmediata y realice celebraciones de reconocimiento para aquellos que han implementado más ideas o han logrado mayores ahorros.
- Mantenga los formatos de sugerencias muy simples y fáciles de comprender para cualquier empleado.

Reglas del evento *kaizen*

Siempre que participe en un evento *kaizen*, recuerde los siguientes aspectos:

- Mantenga la mente abierta para realizar cambios.
- Mantenga una actitud positiva incluso ante las cosas negativas.
- Nunca se reserve para usted sus desacuerdos.
- Ayude a crear un ambiente de cooperación.
- Procure que haya un respeto mutuo.
- Trate a los demás como le gustaría que lo trataran.
- Todos los votos tienen la misma importancia, independientemente de la posición jerárquica de quien vota.
- No se permiten las preguntas silenciosas; es decir, si tiene una duda, ¡pregunte!

Consideraciones importantes

- Los eventos son sólo la estructura para la aplicación de cualquier herramienta *Lean*.
- Es recomendable tener una base de datos de proyectos que contenga todos los detalles de los eventos. Esta base de datos será un gran apoyo para una persona que tenga

las mismas necesidades que alguien que haya desarrollado un evento *kaizen* exitoso.

Programa de sugerencias

Los programas de mejora continua no dependen solamente de los eventos *kaizen* o de mejora que se realizan de manera planeada. También debe implementarse un sistema continuo de sugerencias para que todos los empleados, cuando encuentren una mejora de productividad, costos, surtimiento de materiales, seguridad, calidad, etc., la documenten inmediatamente para su evaluación y puesta en práctica. En la medida que esto se convierta en un hábito, el personal de toda la empresa se hará responsable de sus resultados.

Para este programa debe establecerse un sistema de documentación de las ideas de mejora para que cualquier empleado pueda aportar, en cualquier momento, una idea. Las tarjetas de oportunidad sirven para este propósito. Estas tarjetas se pegan

TARJETA DE OPORTUNIDAD	
Fecha: 13-May-06	**Folio:** '001
Área: Línea 4 de montaje	
Oportunidad detectada: (*Muda, Muri, Mura*) Se escucha una fuga de aire comprimido en el manómetro en el filtro de aire	
Actividad por realizar: Apretar cople	**Clasificación** A
Equipo: Prensa 4	

Figura 6.4

en un casillero donde cualquier empleado pueda tomarlas. Cuando se ha generado la idea, una parte de la tarjeta se pega en el lugar donde se sugirió la idea para que quede a la vista.

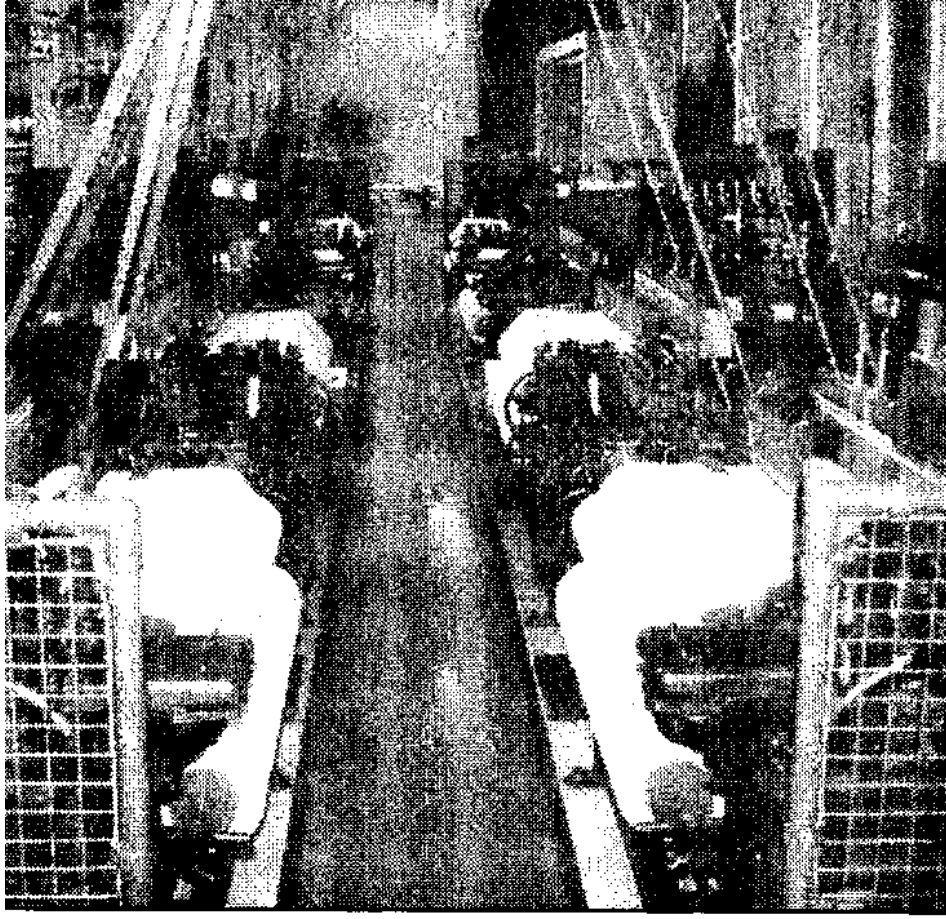
Un programa de mejora sólo será exitoso cuando todos los empleados aporten sugerencias y estas sugerencias sean tomadas con seriedad por la dirección. Esta idea puede crear un universo de posibilidades para la creación de propuestas de valor, ya que integra la creatividad, el facultamiento, la pasión por el trabajo bien hecho y, sobre todo, fomenta la iniciativa de las personas. Creo firmemente que las empresas donde todas las personas además de cumplir con una responsabilidad definida aportan algo para el bien común, mejoran 100 veces más rápido que las empresas en las que la iniciativa viene solamente de la dirección.

Señal de prioridad

La señal de prioridad es una manera de combatir las *mudas* en cualquier momento. Consiste en colocar un botón conectado a una farola y una bocina. Cuando surge un problema, quien lo detecta oprime el botón e inmediatamente suena la bocina y prende la farola. Un equipo, ya sea directivo o gerencial, debe atender la petición con extrema prioridad. Debe aclararse que el sistema será utilizado para problemas que tienen que ver con calidad, servicio, seguridad, etc. La llamada sólo se detiene cuando se ha solucionado el problema. Este sistema hará que siempre se tomen medidas preventivas para impedir problemas y dar una señal de liderazgo en la prioridad de solicitudes de acción rápida.

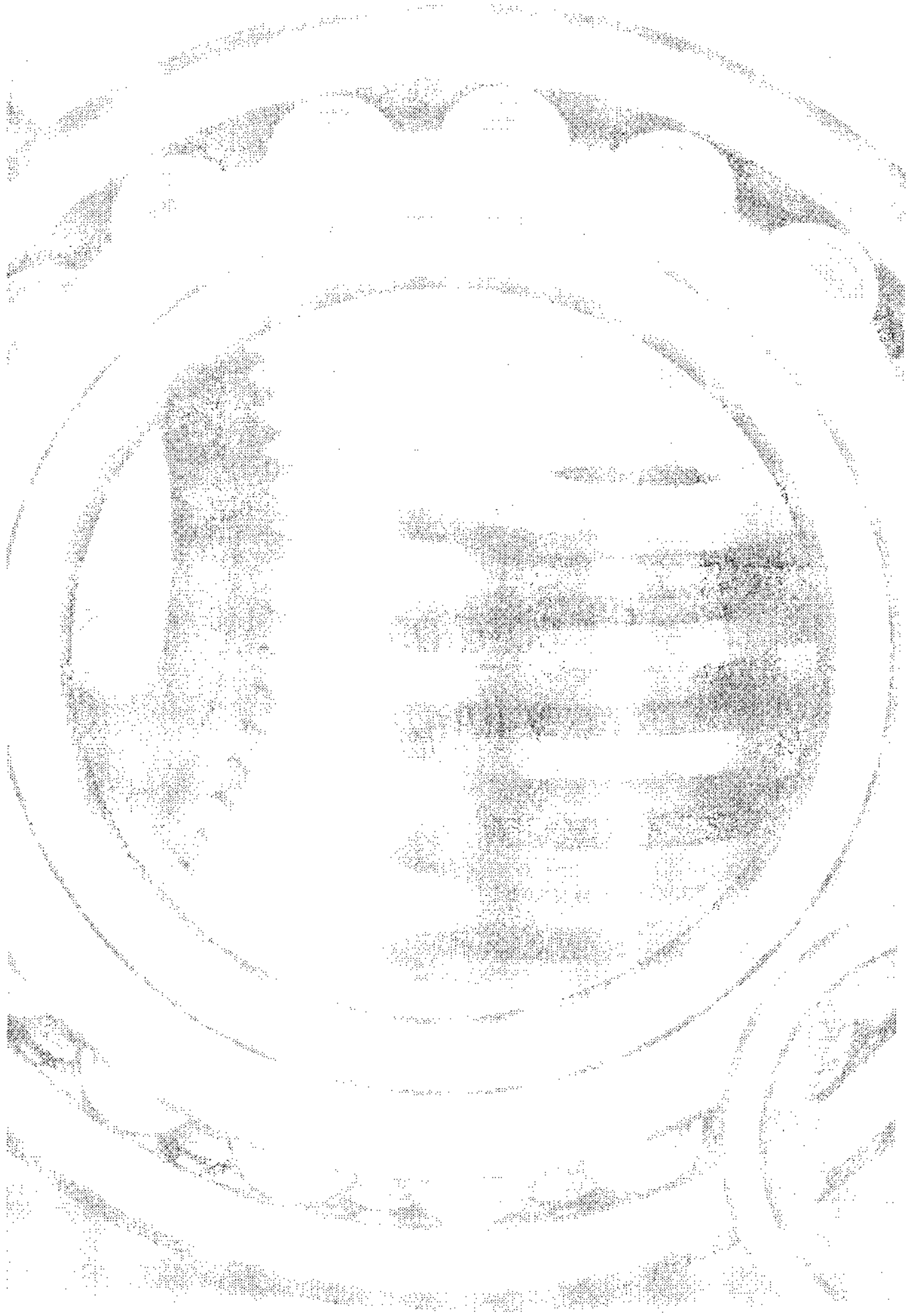
Archivos y formas aplicables

6 Eventos-Kaizen.xls.
Forma 6.1, "Definición del evento *kaizen*".
Forma 6.2, "Tarjeta de oportunidad".
Forma 6.3, "Actividades por realizar en el evento *kaizen*".



7

Las 5's para orden y limpieza



Antecedentes

Las herramientas *Lean* constituyen un gran avance para la implementación de las mejoras en los procesos que generan valor en un negocio. Sin embargo, uno de los elementos de gran importancia para esto tiene que ver con la cultura y los hábitos desarrollados a lo largo del tiempo. Por ello, al hablar aquí de orden y limpieza, consideramos no sólo la aplicación de una herramienta básica sino el desarrollo de buenos hábitos de orden y limpieza que establezcan bases más consistentes y apreciables para la edificación y aplicación de muchas de las herramientas que veremos más adelante.

El método de las 5's fue desarrollado por Hiroyuki Hirano y representa una de las piedras que enmarcan el inicio de cualquier herramienta o sistema de mejora. Por ello, se dice que un buen evento de mejora es aquel que se inicia con las 5's.

A este sistema se le conoce como las 5's porque cada una de las palabras originales (en japonés) de la metodología inicia con la letra "s":

Seiri	**Seleccionar**
Seiton	**Organizar**
Seiso	**Limpiar**
Seiketsu	**Estandarizar**
Shitsuke	**Seguimiento**

Definición

Las 5's constituyen una disciplina para lograr mejoras en la productividad del lugar de trabajo mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza. Esto se logra implementando cambios en los procesos en cinco etapas, cada una de las cuales servirá de fundamento a la siguiente, para así mantener sus beneficios en el largo plazo.

Se dice que si en una empresa no ha funcionado la implementación de las 5's, cualquier otro sistema de mejoramiento de

los procesos está destinado a fracasar. Esto se debe a que no se requiere tecnología ni conocimientos especiales para implementarlas, sólo disciplina y autocontrol por parte de cada uno de los miembros de la organización. Este autocontrol organizacional adquirido en estas cinco etapas será el cimiento de sistemas más complejos, de mayor tecnología y mayor inversión.

Un programa de 5's se construye mediante el desarrollo de las siguientes etapas:

Seleccionar

Es remover de nuestra área de trabajo todos los artículos que no son necesarios.

Organizar

Es ordenar los artículos necesarios para nuestro trabajo, estableciendo un lugar específico para cada cosa.

Limpiar

Es básicamente eliminar la suciedad.

Estandarizar

Es lograr que los procedimientos y actividades se ejecuten constantemente.

Seguimiento

Es hacer un hábito de las actividades de 5's, para asegurar que se mantengan las áreas de trabajo.

Figura 7.1

"Uno de nuestros propósitos al implementar 5's es que nuestra fábrica esté siempre impecable, que luzca como una sala de exhibición, para mostrarles a las personas que nos visitan dónde y cómo hacemos nuestros productos.

Sabemos que la gente que conoce cómo llevamos a cabo nuestras operaciones confía más en nosotros; gracias a esta confianza se fortalecen nuestras relaciones y, como consecuencia, se incrementan nuestras oportunidades de negocio."

Lorenzo González, gerente de operaciones de Technicolor Mexicana.

***Seiri* (Seleccionar)**
Consiste en retirar de nuestro lugar de trabajo todos los artículos que no son necesarios.

***Seiton* (Organizar)**
Consiste en ordenar los artículos que necesitamos para nuestro trabajo, estableciendo un lugar específico para cada cosa, de manera que se facilite su identificación, localización, disposición y regreso al mismo lugar después de usarla.

***Seiso* (Limpiar)**
Consiste básicamente en eliminar la suciedad y evitar ensuciar, siempre con la idea en mente de que al limpiar, también estamos inspeccionando lo que limpiamos.

***Seiketsu* (Estandarizar)**
Consiste en lograr que los procedimientos, prácticas y actividades logrados en las tres primeras etapas se ejecuten consistentemente y de manera regular para asegurar que la *selección*, la *organización* y la *limpieza* se mantengan en las áreas de trabajo.

***Shitsuke* (Seguimiento)**
Consiste en convertir en un hábito las actividades de las 5's, manteniendo correctamente los procesos generados mediante el compromiso de todos, así como participando en los eventos *kaizen* que resultan de las necesidades de mejora surgidas en el lugar de trabajo.

¿Para qué se implementan las 5's?

Un programa de 5's nos ayuda a mejorar la limpieza, la organización y el uso de nuestras áreas de trabajo. Con esto conseguimos:

- Aprovechar mejor nuestros recursos, en especial nuestro tiempo.
- Hacer visibles y evidentes anomalías y problemas.
- Gozar de un ambiente de trabajo más seguro y placentero.

- Incrementar nuestra capacidad de producir más artículos de mejor calidad.
- Tener un lugar presentable ante nuestros clientes.

¿Cuándo se utilizan las 5's?

Cuando necesitamos reducir los tiempos de ciclo aprovechando al máximo el tiempo disponible para producir y reduciendo el tiempo para cambiar herramentales. También resultan útiles cuando deseamos implementar nuevos sistemas en la administración de la cadena de valor (como ISO9000, control estadístico de procesos, Seis Sigma o, como ya lo habrá deducido, *Lean Manufacturing*), ya que todos éstos dependen en gran medida de la calidad (disciplina) de las personas que participan en ellos.

Esta herramienta es muy poderosa y podemos aplicarla en áreas como:

- Almacenes.
- Áreas de producción.
- Áreas de uso común.
- Oficinas.
- Talleres.
- Vehículos.
- Portafolios.
- En el propio hogar.

¿Cuánto tiempo toma implementar las 5's?

La implementación inicial, con las tres primeras etapas a un nivel aceptable, es de uno a seis meses. Es preciso tomar en cuenta que la cuarta y quinta etapas consisten en la estandarización y el seguimiento, por lo que este proceso tiene un inicio, pero nunca un final.

Cuando hablamos de tiempo de implementación, es recomendable seguir esta secuencia:

Etapa 0. Planeación y preparación: 1 mes.
Etapa 1. Selección: 1 mes, "el mes de la selección" para todos.

Etapa 2. Orden: 1 mes.
Etapa 3. Limpieza: 1 mes.
Etapa 4. Estandarizar: 1 mes.
Etapa 5. Seguimiento: no tiene fin.

Procedimiento para implementar las 5's

Etapa 0. Planeación y preparación

1. Proporcione un curso de capacitación a todo el personal, en el que se explique qué son las 5's, para qué servirán y cómo se llevará a cabo su implementación.
2. Prepare una campaña de difusión en la compañía sobre las 5's, expresando la utilidad y los beneficios que representará para todos su implementación.
3. Realice visitas a otras plantas donde se hayan implementado las 5's.
4. Aplique las 5's en una o dos áreas de muestra para que todos comprendan el proceso.
5. Establezca las áreas de las que cada uno será responsable en cada etapa.
6. Haga un tablero en el que se vean todas las áreas donde se realizó la implementación y su avance gradual.
7. Establezca un día para iniciar formalmente la implementación. La persona de mayor rango en la empresa debe dar el banderazo de arranque, así como un mensaje a todos los miembros de la empresa en el que les haga ver que este proyecto es un esfuerzo estratégico para alcanzar un nivel de empresa limpia, segura y productiva. Este arranque se podrá complementar con dinámicas, juegos, videos u otras actividades que le confieran la importancia debida.
8. Fotografíe las áreas antes de iniciar para establecer el punto de partida.

Etapa 1. Implementación de la primera S (Seleccionar)

1. Asigne un grupo líder o grupo guía para esta fase. Este grupo será responsable, entre otras cosas, de fotografiar las áreas

Selección de artículos innecesarios.

designadas y generar una evaluación inicial de todas las áreas.

2. Seleccionar es retirar del lugar de trabajo todos los artículos que no son necesarios, así que en esta etapa debe eliminar todo aquello que no necesita o no sabe si realmente lo necesita.

   Al seleccionar, tome en cuenta todos los objetos que no se han utilizado y no se utilizarán en el futuro, y retírelos para liberar espacio.

3. Establezca criterios de selección como los de la figura siguiente.

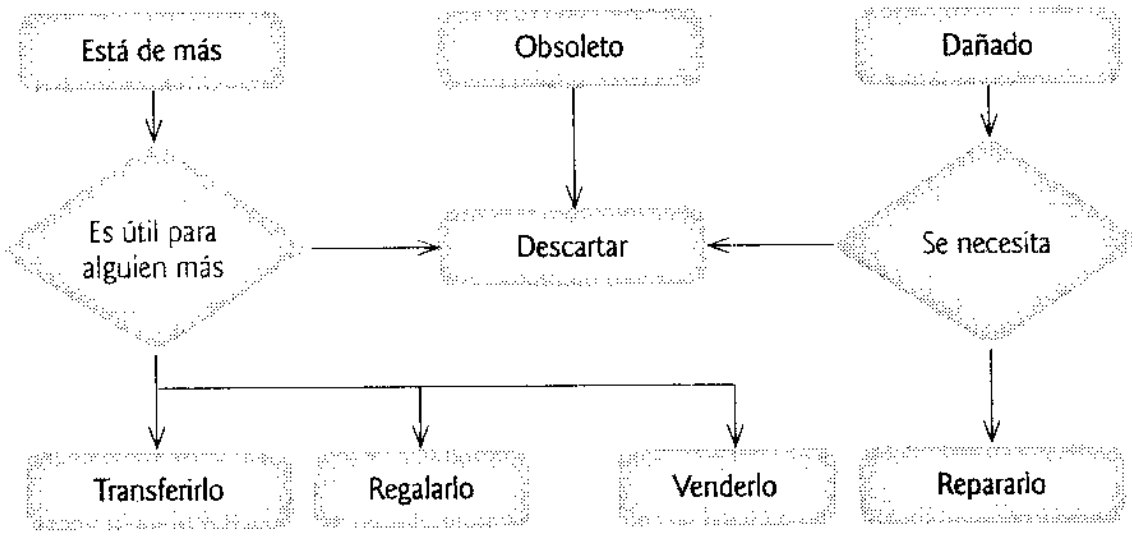


Figura 7.2

Puede establecer los criterios de selección con base en la frecuencia de uso, el tiempo o la cantidad por usar:

Seleccionar como:	Frecuencia
Necesario	Lo que se usa más de una vez al mes
No necesario	Lo que se usa menos de una vez al mes

Ejemplos

Seleccionar como *necesario* todo lo que se va a usar durante un mes de producción.

Seleccionar como *no necesario* el excedente de lo que se usa en el área de trabajo.

4. Los objetos seleccionados como no necesarios se identifican y confinan en un área de cuarentena definida previamente. Se puede usar como herramienta de control la tarjeta roja incluida en la forma 7.1.

TARJETA ROJA	
Fecha:	Folio:
Descripción:	
Responsable:	
Fecha:	Folio:
Descripción:	
CATEGORÍA	
Accesorios o herramientas	
Cubetas, recipientes	
Equipo de oficina	
Instrumentos de medición	
Librería, papelería	
Maquinaria	
Materia prima	
Material de empaque	
Producto terminado	
Producto en proceso	
Refacciones	
Otro (especifique)	
RAZÓN	
Contaminante	
Defectuoso	
Descompuesto	
Desgastado	
No se necesita	
No se necesita pronto	
Uso descontinuado	
Otro (especifique)	
Responsable	
Fecha de decisión	
Destino final	
Fecha	

Forma 7.1

Una vez que se ha cumplido el tiempo para decidir, los artículos etiquetados con las tarjetas rojas se pueden exponer en un bazar interno de la compañía para que todos puedan verlos y decidir si serán útiles para alguien más, si serán vendidos o donados.

La clave para un lugar sin elementos inútiles es no permitir que ingresen a las áreas objetos innecesarios que se puedan acumular.

5. Un entregable para esta etapa es una lista de objetos necesarios en cada área donde se aplique (forma 7.2).

Lista de objetos necesarios

Área

No.	Objeto	Ubicación

Forma 7.2

El principio que debe regir en esta etapa es: *Sólo lo que se necesita, sólo la cantidad necesaria y sólo cuando se necesita*.

Etapa 2. Implementación de la segunda S (Ordenar)

En esta etapa debemos ordenar los artículos que seleccionamos como necesarios en nuestro trabajo, estableciendo un lugar específico para cada cosa, de manera que se facilite su identificación, localización, disposición y regreso al mismo lugar después de usarla. Para ello necesitamos:

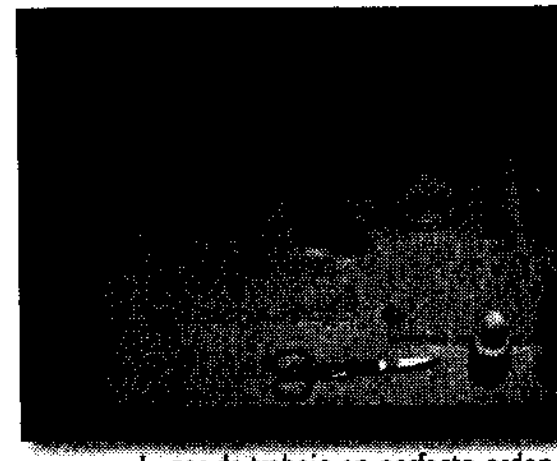
1. Dividir nuestra área de trabajo en partes manejables y fácilmente identificables.

2. Generar una guía de ubicaciones.
3. Establecer sitios para cada objeto.
4. Hacer las siluetas o delimitar con colores las posiciones de los objetos en las áreas designadas.

Básicamente ordenaremos los artículos y mobiliario que dejamos en la lista de objetos necesarios y estableceremos un orden adecuado para tener estos artículos a la mano para nuestro trabajo.

Es conveniente establecer áreas específicas, marcadas o señaladas para colocar cada objeto. De esta manera, no los colocaremos en lugares que no les corresponden.

Al llevar a cabo esta etapa, considere designar lugares específicos en anaqueles, escritorios, cajones, archivos electrónicos, almacenes, etcétera.


Lugar de trabajo en perfecto orden.

Además de designar un lugar y marcarlo para localizarlo visualmente, un entregable para esta etapa puede ser una guía para especificar las coordenadas o ubicación de todos los artículos para de esa manera localizarlos con rapidez (menos de 30 segundos). Si lo logra, su trabajo habrá sido satisfactorio.

Después de un periodo de 30 o 40 días, debemos decidir qué hacer con los objetos ubicados en las áreas de cuarentena, para lo cual se recomienda realizar una especie de bazar interno para que el personal de todas las áreas pueda ver qué objetos podrían ser útiles para otras áreas.

Etapa 3. Implementación de la tercera S (Limpiar)

Limpiar es básicamente eliminar la suciedad, tomando en cuenta que al hacer limpieza también estamos inspeccionando. Así podemos descubrir problemas potenciales antes de que se conviertan en críticos.

Proceso de la limpieza

Implementación del proceso de limpieza.

- Diseñar el programa de limpieza.
- Definir los métodos de limpieza.
- Establecer la disciplina.
- Asignar responsables de las actividades de limpieza.
- Definir su frecuencia y cuándo se deben llevar a cabo.
- Enlistar cada una de las actividades de limpieza por realizar.
- Enlistar los artículos y equipos de limpieza que se necesitan.
- Documentar las actividades de limpieza en un procedimiento.

En esta etapa se hacen las asignaciones para que cada empleado tenga la responsabilidad de cuidar la limpieza, aun cuando sea una actividad que realiza el departamento de limpieza. Además, es importante considerar que no sólo se trata de limpiar, sino de buscar maneras de no ensuciar o de hacer que las actividades que generan basura contengan esa basura en el momento de generarla.

"El lugar más limpio no es el que más se asea, sino el que menos se ensucia."

Etapa 4. Implementación de la cuarta S (Estandarizar)

Estandarizar es lograr que los procedimientos, prácticas y actividades se ejecuten consistentemente y de manera regular para asegurar que la *selección*, la *organización* y la *limpieza* se mantengan en las áreas de trabajo.

Proceso

- Integrar las actividades de 5's en el trabajo regular.
- Evaluar los resultados.

En esta etapa se recomienda elaborar también un manual de estandarización para que se mantengan las 5's y exista continuidad en aspectos como:

- Estandarización de colores.
- Colores y tipos de líneas.
- Codificación de artículos, espacios, anaqueles, etcétera.
- Guías de ubicaciones.
- Etiquetas.
- Estándares para la organización.
- Estándares para la limpieza.
- Reglamento.

Las evaluaciones deben ser objetivas y debe llevarlas a cabo personal designado exclusivamente para ese fin. Cuando la implementación haya madurado, cualquier persona podrá evaluar otra área que no sea la suya.

Más adelante se presenta una evaluación modelo que puede servirle para crear la suya. Estas evaluaciones generalmente se diseñan para aplicarlas en almacenes, oficinas y áreas de producción.

Al realizar una evaluación, es muy importante comparar la evidencia encontrada en la evaluación anterior con los resultados obtenidos en la evaluación actual.

En esta presentación de resultados podemos ver la situación anterior y el resultado actual (figura 7.3).

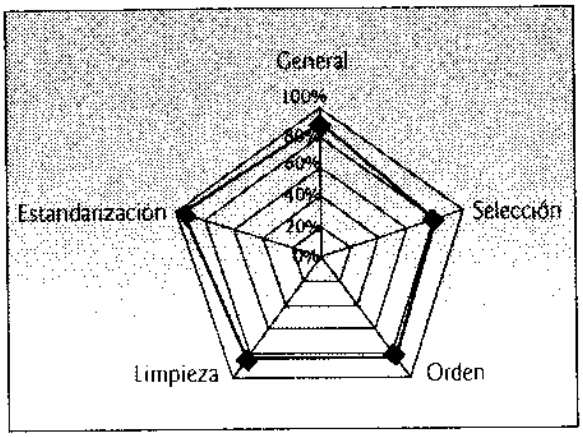
Lo más importante de las evaluaciones es que influyan en la cultura de la organización y, sobre todo, que creen un ambiente competitivo que permita la continuidad de lo logrado. Es recomendable que las evaluaciones no sean motivo de castigos o presiones que hagan que el proyecto sea una obligación, sino un logro compartido de mucho beneficio.

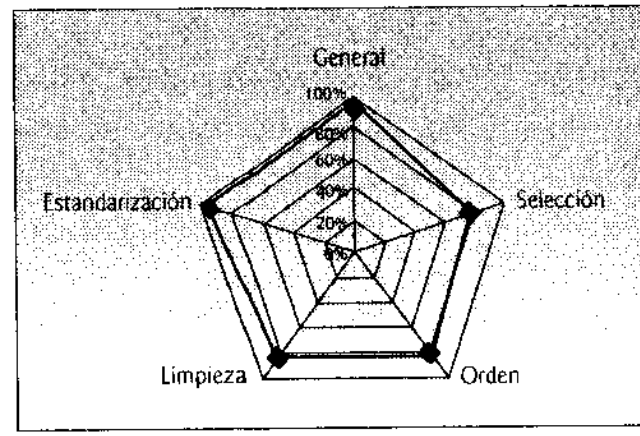
Evaluación 5's

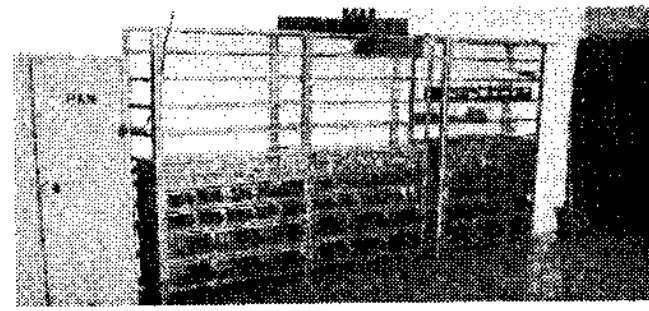
	Antes	Actual
Fecha	15-Abr-06	15-May-06
General	89%	95%
Selección	78%	78%
Orden	83%	83%
Limpieza	87%	87%
Estandarización	94%	94%

Área Almacén de herramienta

Antes	89%
Actual	95%







COMENTARIOS

Figura 7.3

Un entregable para esta etapa es una guía de estandarización por área, en la que se pueda consultar la ubicación de los objetos, el dibujo de la distribución, la guía de estandarización de colores y etiquetado, así como el reglamento de seguimiento.

"Di lo que haces, haz lo que dices y demuéstralo."

Etapa 5. Implementación de la quinta S (Seguimiento)

Seguimiento es convertir en un hábito las actividades de las 5's, manteniendo correctamente los procesos generados a través del compromiso de todos.

En esta etapa se recomienda:

- Hacer campañas de promoción a lo que se ha ganado.
- Organizar visitas a las instalaciones.
- Proporcionar capacitación continua.
- Hacer campañas de difusión.
- Realizar juntas de seguimiento.
- Realizar presentaciones de proyectos.

"Lo difícil no es llegar, sino mantenerse."

Consideraciones importantes

La mejor herramienta para implementar las 5's es el liderazgo que puede tener la dirección de la empresa y el apoyo para que todos se contagien del entusiasmo de este proyecto. Esto hará que todos se esfuercen por lograr que las empresas no sólo luzcan mejor al ser más ordenadas y limpias, sino que aumenten la productividad significativamente al eliminar tiempos de búsqueda. Normalmente, gran parte de nuestro tiempo lo dedicamos a buscar algo. Buscamos objetos, documentos, archivos en la computadora, herramientas, órdenes, etc. Por lo tanto, más allá de mejorar el aspecto estético, debemos enfocarnos en la productividad que podemos lograr.

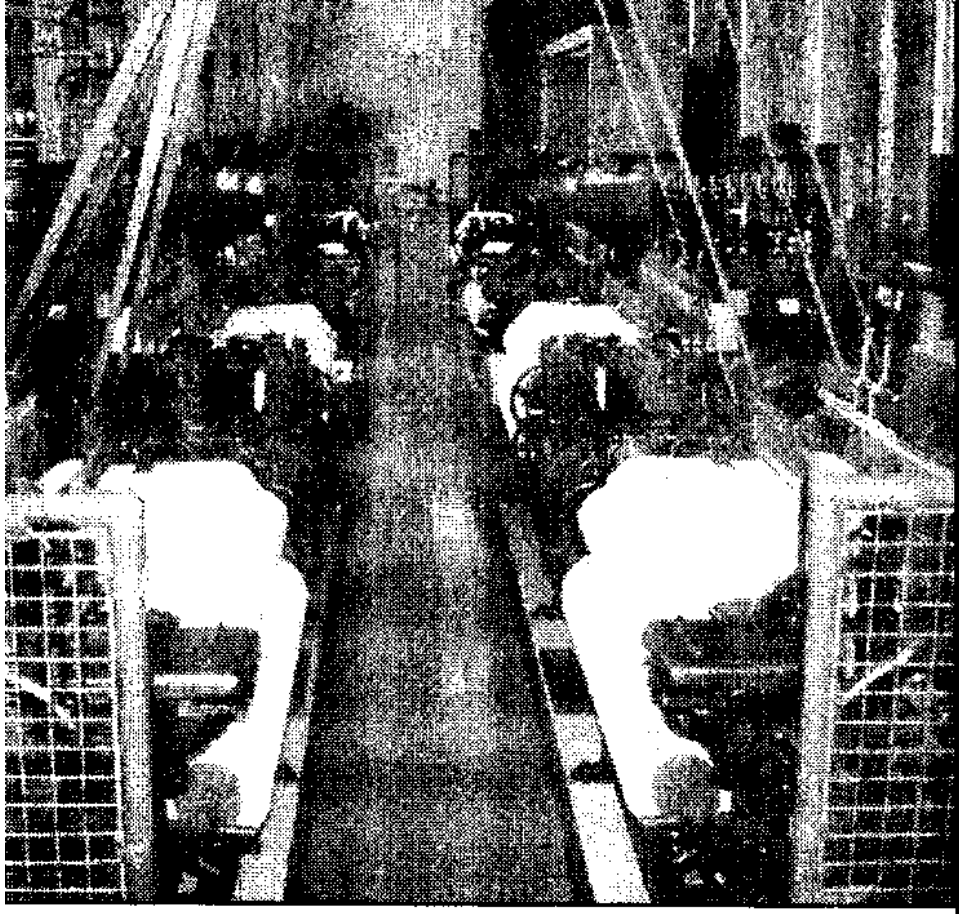
Es recomendable que al final de cada etapa de implementación tome fotografías preferentemente desde el mismo sitio y con la misma iluminación cada vez, para que se note que son cambios en el mismo lugar.

Cuando el proceso de las 5's haya llegado a la madurez, quizá después de un periodo de seis meses a un año continuo, y

cuando se haya convertido en un hábito, personas de otras empresas podrán visitar su empresa así como usted realizó esas visitas. Será motivo de gran orgullo para toda su compañía mostrar los avances y logros obtenidos.

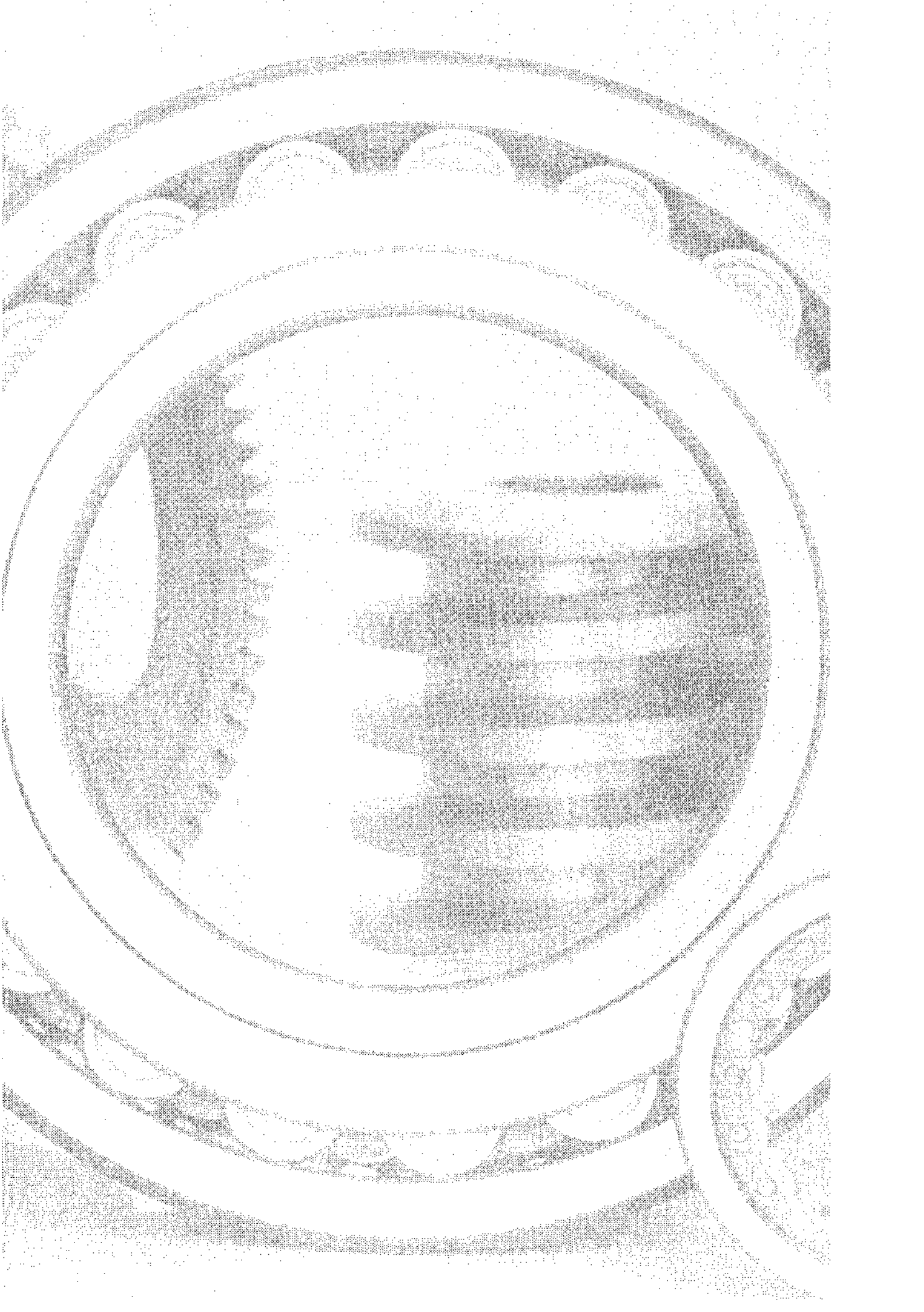
Archivos y formas aplicables

Archivo 5s.xls
Forma 7.1, "Tarjeta roja".
Forma 7.2, "Lista de objetos necesarios".
Forma 7.3, "Evaluación de orden y limpieza".



8

Control visual



Antecedentes

En la antigüedad, los ejércitos comenzaron a distinguirse por sus banderas y uniformes, las tribus pintaban señales en las paredes como legado para sus pueblos, y así también quedaron grabados los métodos de cacería, de guerra, costumbres, etcétera.

Andon era conocido en la antigüedad por los japoneses como "lámpara", la cual estaba hecha de segmentos de papel colocados alrededor de una base con una vela en su interior y la tapa descubierta. *Andon* funcionaba como una señal visual que a la distancia daba un mensaje para comunicar algo.

Las señales visuales están alrededor de nosotros en las calles, las empresas, los hospitales, etc., para ayudarnos a entender rápidamente una situación específica y tomar decisiones sin necesidad de preguntar.

Los seres humanos captamos información por medio de nuestros sentidos. El sentido de la vista es con el que más captamos, con 80%, seguido del oído con 10%, el olfato con 5%, el gusto con 3% y el tacto con 1% (Slater, 2002).

"La gente se desempeña conforme se le mide."

Eli Goldratt

En esta fotografía observamos a un equipo de operadores que trabajan en una célula de manufactura y que tienen un tablero de control *andon* para comparar el grado de avance que tienen con el que deberían tener. Dicho tablero les permite tomar la decisión en cualquier momento de apresurarse o trabajar más lento, según sea necesario.

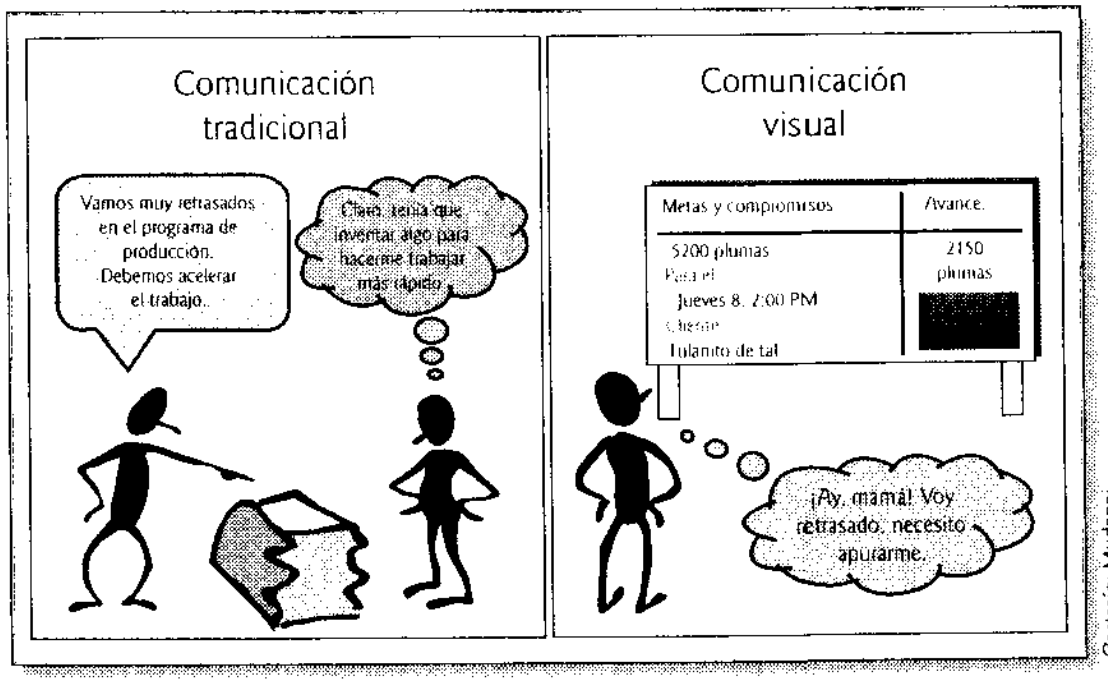
Definición

El trabajo se relaciona con simples señales visuales y de audio que se identifican y entienden con facilidad. Estas señales son eficientes, autorreguladas y las manejan los operadores.

Esta información se puede utilizar para identificar, instruir o indicar que existe una condición normal o anormal y que se puede requerir alguna acción.

Andon es un elemento del principio *Jidhoka* que, mediante ingeniosos mecanismos, detecta cuando ocurre una falla y entonces, con una señal generalmente visual, avisa al operador que se ha generado un problema.

Andon es una señal que incorpora elementos visuales, auditivos y de texto que sirven para notificar problemas de calidad o paros por ciertos motivos. Proporciona información en tiempo real y retroalimentación del estado de un proceso.



Cortesía: Mudanai

El concepto de *andon* es medir procesos y no personas. La comunicación visual genera actitudes hacia las responsabilidades, no contra los individuos.

Figura 8.1

¿Para qué se implementa *andon*?

Los elementos de señal *andon* se utilizan básicamente para:

- Mejorar la calidad.
- Reducir el costo.
- Mejorar el tiempo de respuesta.
- Aumentar la seguridad.
- Mejorar la comunicación.
- Entender inmediatamente los problemas.

Cuando utilizamos control visual, debemos preguntarnos:

- ¿Qué se necesita monitorear?
- ¿Dónde están los puntos críticos de monitoreo?
- ¿Cómo se indican las anormalidades?
- ¿Qué tan fácil se pueden revisar?
- ¿Qué acción se deberá tomar?

¿Cuándo se utiliza *andon*?

Cuando queremos dar una señal para tomar alguna acción o decisión en áreas como:

- Almacenes.
- Operaciones.
- Equipo.
- Calidad.
- Seguridad.

Tipos de control visual

1. **Alarmas**
   Proporcionan una señal de aviso en situaciones urgentes y pueden utilizarse con diferentes sonidos según sea su aplicación.

2. Lámparas y torretas

Para conocer el estado de los equipos, celdas o áreas, se utilizan señales de colores en torretas o banderas. Cada uno de los colores indica los siguientes conceptos:

Azul:	Problemas relacionados con los materiales (surtimiento o falta de material).
Verde:	Línea o célula corriendo satisfactoriamente.
Amarillo:	Línea o célula parada por falta de mantenimiento, o a punto de hacer algún cambio si está intermitente.
Rojo:	Parada por problemas de calidad o accidente.

Las lámparas o torretas se utilizan cuando se desea resaltar visualmente alguna condición de operación para llamar la atención del responsable de tomar alguna decisión.

3. *Kanban*

Es un sistema de información visual que indica a los operadores cuándo iniciar una actividad de producción. También indica que se requiere reponer material en los supermercados, con lo cual previene el desabasto.

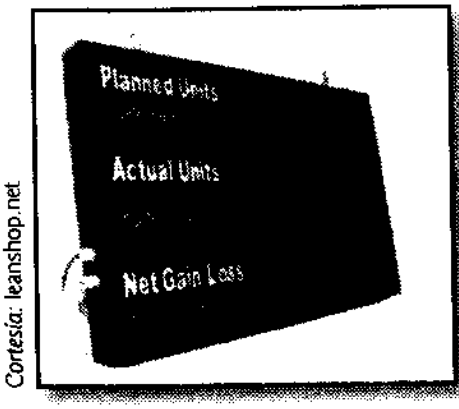
Anaquel de almacén:	F26-18	Código de la pieza:	A5-34	Proceso anterior
No. de pieza:	2214			**FORJA B-2**
Nombre de la pieza	Soporte para motor			Proceso posterior
Tipo de automóvil:	SX50BC			**MECANIZACIÓN**
Capacidad de la caja		Tipo de la caja.		
100		B		

Figura 8.2

4. Tableros de información

Estos tableros son útiles para dar seguimiento continuo y automático al plan de producción. En un tablero de información

se programa el ritmo al que se debe producir, que es al que el cliente compra (tiempo *takt*), y automáticamente inicia el conteo y lo compara con los datos que se mandan desde la línea para contabilizar en tiempo real la producción que se va obteniendo.



Cortesía: leanshop.net

5. Listas de verificación

Lista de verificación

Carga y puesta en operación del molino 3CX

1. Se han revisado las guías de alimentación ☐
2. Se ha alimentado el material previamente mezclado ☐
3. Están listas las especificaciones de la mezcla ☐
4. Se ha elevado la temperatura a 450 grados centígrados ☐
5. La presión del equipo marca 120 psi ☐
6. El nivel de aceite es el óptimo ☐
7. Se tiene listo el refuerzo de metal ☐

Notas. Asegúrese de tener puesta la careta y la mascarilla de seguridad ☐

Figura 8.3

6. Marcas en piso

Control visual de marcas en piso.

Verde:	Indica producto bueno.
Amarillo:	Delimita pasillos.
Azul:	Indica materia prima y producto en proceso.
Rojo:	Indica producto no conforme.
Rojo y blanco:	Delimitan áreas de seguridad.
Negro y blanco:	Delimitan áreas de mantenimiento.
Negro y amarillo:	Delimitan áreas de precaución.

¿Cuánto tiempo toma implementar *andon*?

Depende principalmente del tipo de señal y su complejidad. Generalmente toma de una a cuatro semanas implementarlo en cada área.

Procedimiento para implementar *andon*

- Decidir qué información se tiene que dar y a quién va dirigida.
- Crear el tipo de *andon* o señal que sea necesario.
- Capacitar al personal para utilizar las señales.
- Crear disciplina con un buen liderazgo para hacer respetar las señales.

Decidir qué información se tiene que dar y a quién va dirigida

Para decidir el tipo de información que se va a ofrecer en el control visual, considere la necesidad de dar información relativa a las 6 M's (maquinaria, mano de obra, métodos, mediciones, medio ambiente y materiales). Lo que buscamos al considerarlas (6 M's) es hacer los problemas visibles sin tener que encontrarlos directamente, sino que los indicadores atraigan la atención de quien debe solucionar los problemas o efectuar acciones de mejora o prevención.

La administración visual intercambia información en tiempo real acerca del estado de la planta, con lo cual es necesario responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los métricos y sus objetivos?
- ¿Qué necesitamos para saber el estado de dichos métricos?
- ¿Cómo están los indicadores actualmente y cómo deberían estar?
- ¿Qué debo hacer yo para lograr el objetivo?

Crear el tipo de *andon* o señal que sea necesario

Si se requiere un tablero para dar seguimiento en piso o cualquier otra señal de las que se mencionaron anteriormente, se describe la información necesaria y se diseña el tipo de señal.

Tableros para celdas de trabajo

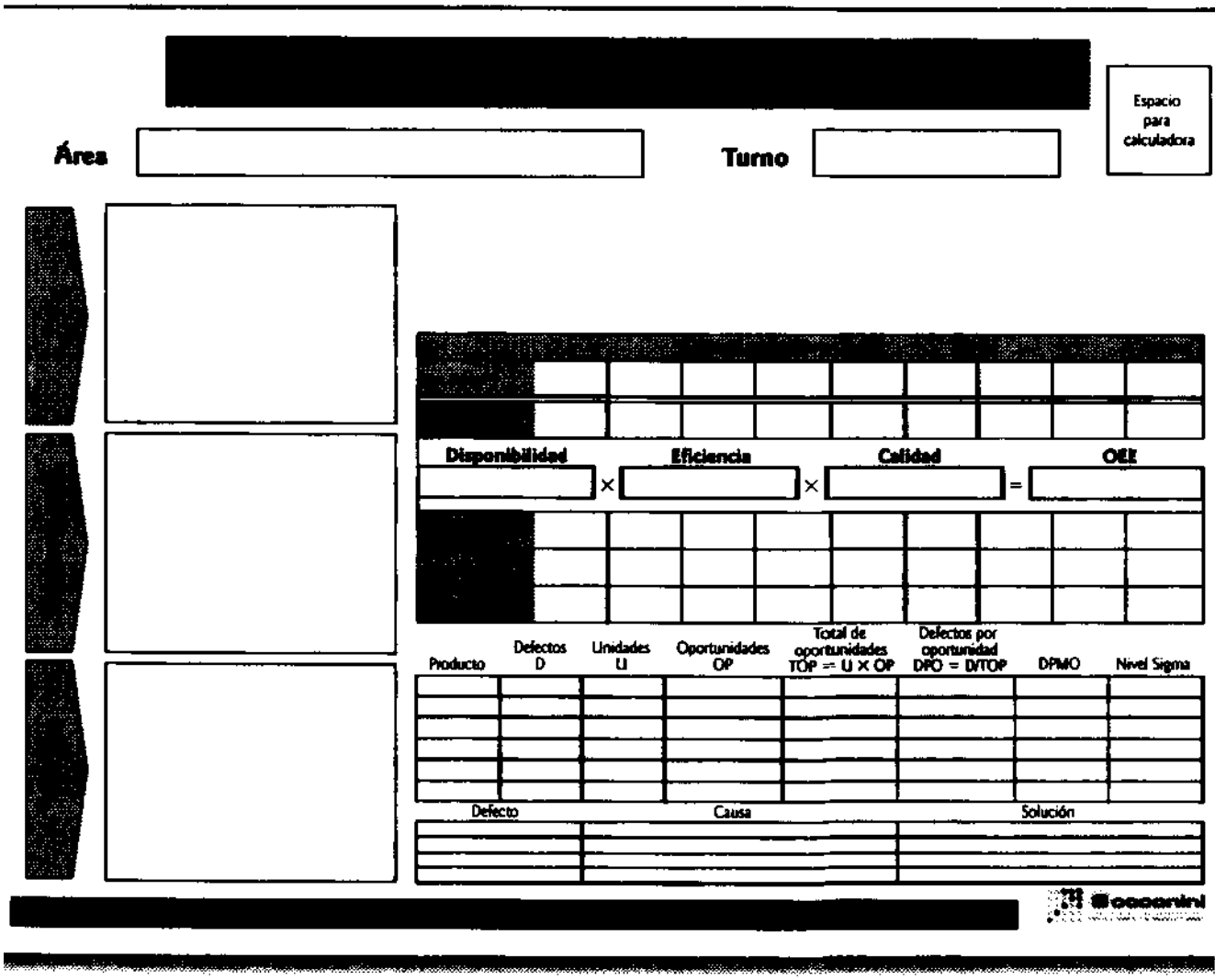


Figura 8.4

Tablero de resultados

Línea I

Calidad	Costo	Entrega	
Calidad a la primera (%/ppm)	Productividad por persona	Entregas a tiempo (%)	Foto de equipo
Rechazos del cliente (%/ppm)	Costo de calidad	Tiempo de cambio	Matriz de habilidades y capacitación
			Proyecto Grhuman
Hoja de seguimiento a actividades	Hoja de seguimiento a actividades	Hoja de seguimiento a actividades	Hoja de seguimiento a actividades

5's Fotos antes | 5's Resumen | 5's Fotos después

Foto de equipo

	13-Jul	20-Jul	27-Jul	04-Ago	11-Ago	18-Ago	25-Jul	01-Ago	08-Ago	15-Ago	TASA MEDIA
Unidades perfectas	15.19	15.83	14.78	15.91	19.90	15.40					16.7
Envios a tiempo	100%	100%	100%	100%	100%	100%					100%
Días de punta a punta	6										
%Metas de inventario											
OEE											
Calidad a la primera	87%	85%	80%	86%	85%	86%					83.1%
Costo promedio del producto	$ 345	$ 337	$ 362	$ 338	$ 337	$ 324					$ 292
Tiempo de entrega (días)	42	42	42	42	37	41					37
Productiva	29%	28%	29%	28%	32%	28%					40%
No-Productiva	54%	49%	54%	50%	52%	52%					52%
Capacidad Ociosa	17%	23%	17%	22%	25%	20%					27%
Ingreso	$ 1,170,000	$ 1,054,350	$ 1,199,362	$ 1,080,000	$ 1,097,910	$ 1,035,600					$ 976,375
Costo de Material	$ 172,197	$ 155,186	$ 177,165	$ 161,500	$ 161,615	$ 158,010					$ 188,160
Costo de Conversión	$ 115,254	$ 103,896	$ 116,796	$ 106,524	$ 107,554	$ 102,784					$ 156,294
Costo del inventario											
Costo de no calidad											
Utilidad Bruta del Valor Ganado	$ 879,549	$ 795,267	$ 907,401	$ 812,017	$ 827,841	$ 778,806					$ 629,131
Retorno de la cadena	75.15%	75.45%	75.67%	75.19%	75.47%	75.22%					64.4%

TPM

OEE	Material en WIP y almacén

Tarjetas de oportunidad | Tarjetas aceptadas

Figura 8.5

En este tablero se pueden incluir indicadores de calidad, costo, entrega y personal, y en cada tema se pueden colocar, de arriba hacia abajo, los siguientes reportes:

- Gráfico de tendencias.
- Gráfica de Pareto que explique los motivos más comunes.
- Lista de acciones para mejorar, prevenir o corregir.

También tiene un espacio para colocar tarjetas de oportunidad.

Indicadores de seguridad

En la siguiente imagen vemos los días transcurridos del mes y los tipos de incidentes o accidentes, con las siguientes referencias:

Verde:	Nada que reportar, el día transcurrió sin accidentes.
Amarillo:	Primeros auxilios.
Rojo:	Accidente.

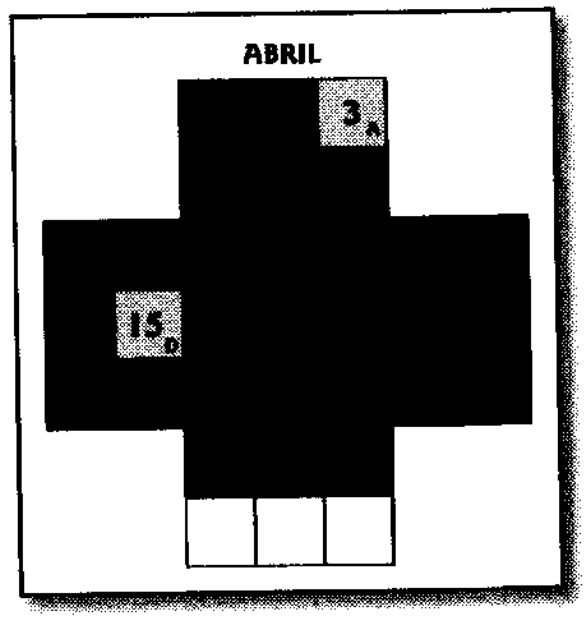


Figura 8.6

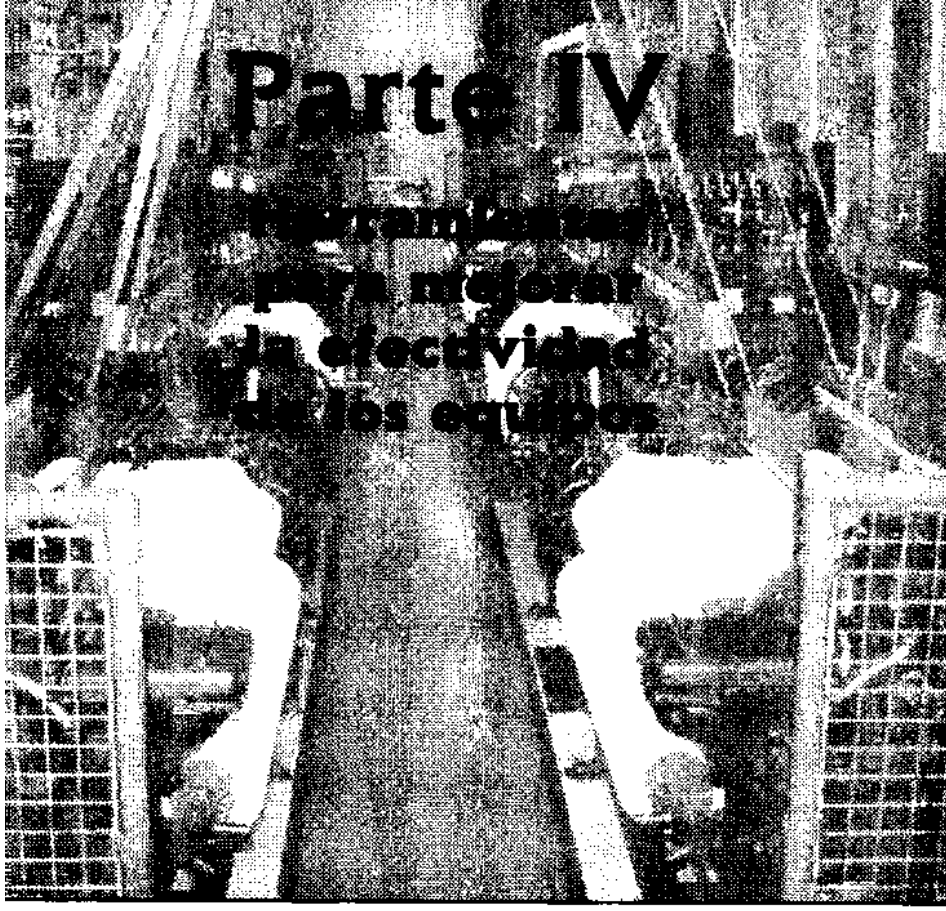
Se asigna una letra clave para cada tipo de accidente.

Capacitar al personal para utilizar las señales

El paso más importante es que todos en la planta o empresa conozcan y entiendan el mensaje sobre el objetivo y el resultado. Por ello, la capacitación será clave para el entendimiento, el uso y la toma de decisiones.

Crear disciplina con un buen liderazgo para hacer respetar las señales

Andon rendirá buenos resultados solamente con el compromiso de la dirección en el uso de las señales. La importancia que todos los empleados les den a estos indicadores dependerá de la importancia que les den los gerentes y líderes.

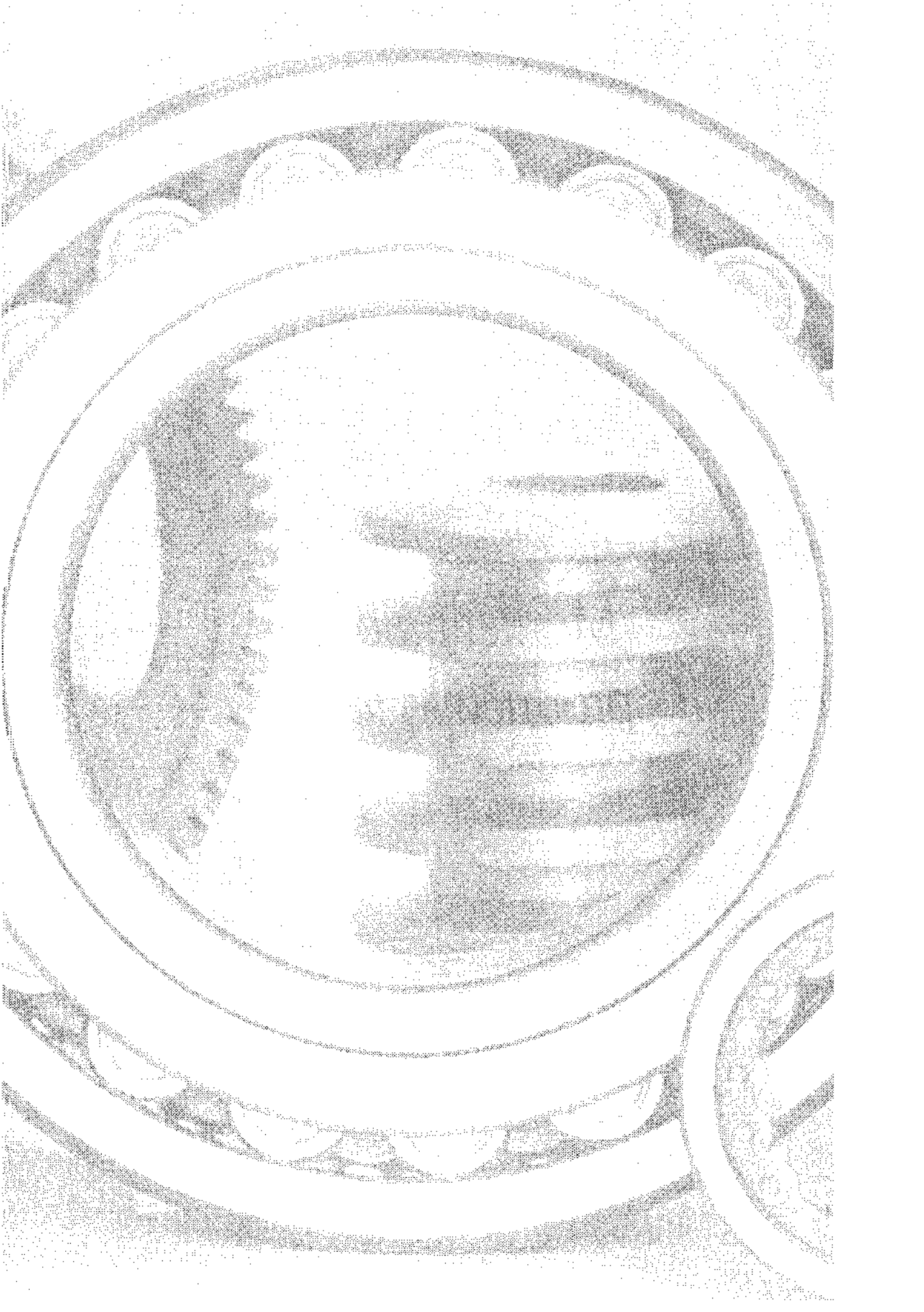


Parte IV

Herramientas para mejorar la efectividad de los equipos

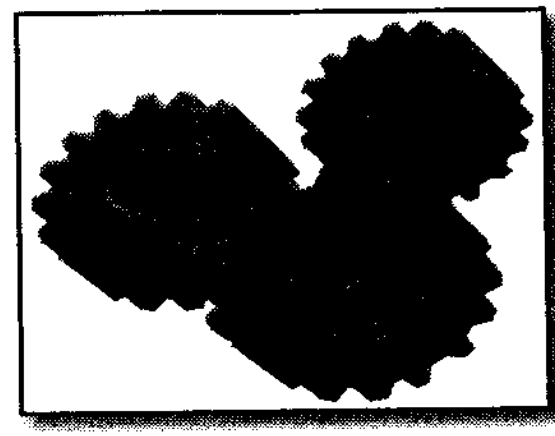
9

Mantenimiento productivo total



Antecedentes

El mantenimiento productivo total o TPM (siglas en inglés de Total Productive Maintenance) tiene sus orígenes en Estados Unidos, donde muchas empresas manufactureras aplicaban ciertas prácticas para prevenir fallas y con ello impedir paros inoportunos y reparaciones de emergencia. En la posguerra, mientras Japón reconstruía su economía, varios gerentes e ingenieros japoneses visitaron estas plantas para asimilar ideas y llevarlas a la práctica en Japón.



Fue en Nippondenso, una fábrica proveedora de autopartes para Toyota, donde se aplicaron por primera vez los conceptos de mantenimiento haciendo participar a todos los empleados de la organización (no sólo a los especialistas en mantenimiento). Se ponía especial énfasis en la implementación de prácticas en las que los operadores se hacían responsables del mantenimiento y cuidado de sus equipos. Gracias a esto, en 1971 la empresa ganó por primera vez el premio a la planta más distinguida, otorgado por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas. En ese mismo año, Seiichi Nakajima publicó el proceso de implementación de este sistema, así como los elementos que lo componen. No muchos años después, en 1987, el círculo histórico se cerró al regresar el sistema TPM a su tierra de origen, siendo Kodak la primera empresa en implementarlo.

Definición

El mantenimiento productivo total es una metodología de mejora que permite la continuidad de la operación, en los equipos y plantas, al introducir los conceptos de:

- Prevención.
- Cero defectos ocasionados por máquinas.
- Cero accidentes.
- Cero defectos.
- Participación total de las personas.

Mantenimiento productivo total.

En las empresas de manufactura, el mantenimiento de las máquinas representa un problema si no es el adecuado, ya que impide la continuidad en la producción. Además, es uno de los mayores generadores de desperdicio en productos y gastos operativos debidos a reparaciones. Esto resulta crítico si los procesos dependen en gran medida de la automatización o si se trata de procesos continuos.

¿Para qué se implementa el TPM?

Las siguientes son algunas de las utilidades del TPM:

- Mejora la calidad, ya que máquinas más precisas producen partes con menos variación y, por ende, de mejor calidad.
- Mejora la productividad al aumentar la disponibilidad del equipo. De esta manera, el tiempo se aprovechará mayormente en actividades que generan valor.
- Permite mejorar el servicio a los clientes y, por ende, su confianza, ya que las máquinas serán más confiables y estarán disponibles cuando se necesiten.
- Da continuidad en las operaciones de la planta.
- Mejora el uso y aprovechamiento de los equipos.
- Involucra a los operadores en el cuidado y mantenimiento de sus equipos.

- Reduce significativamente los gastos por mantenimiento correctivo (descomposturas no programadas).
- Reduce el número de defectos y productos rechazados que son generados por máquinas en mal estado.
- Reduce los costos operativos hasta en 30%.

También sabemos que, en general, el costo del mantenimiento en una planta puede llegar a representar entre 10% y 40% del costo de operación; de ahí la importancia de su correcta implementación.

Además, es muy común que 50% del gasto total del mantenimiento se deba a la mala operación de los equipos y entre 10 y 15% a la mala lubricación. Entonces la importancia es aún mayor, pues vemos que la ignorancia sobre la correcta operación de los equipos y el poco cuidado que se tiene en los mismos aumenta la probabilidad de riesgos y gastos.

En síntesis, el TPM será un instrumento clave para poder implementar otras herramientas ya que los equipos son un insumo básico en los procesos.

Los equipos sufren un desgaste natural debido al uso normal, y un desgaste forzado debido a la falta de cuidado. El TPM elimina el desgaste forzado y le da al operador la responsabilidad perpetua de cuidar su equipo para mantenerlo en óptimas condiciones.

¿Cuándo se utiliza el TPM?

El TPM se utiliza cuando se quiere tener plantas, máquinas y equipos de todo tipo en óptimas condiciones, incluyendo instalaciones y equipos de transporte y manejo de materiales.

Una de las situaciones en que resulta más útil el TPM es cuando sabemos que el personal que opera las máquinas y el personal que les da mantenimiento no están completamente preparados para hacerlo. La ignorancia es una de las principales causas del pobre mantenimiento y de la mala operación, lo que finalmente se traduce en poca confiabilidad de las operaciones y, en consecuencia, de las empresas.

¿Cuánto tiempo toma implementar el TPM?

La implementación del TPM en una planta manufacturera es quizás uno de los proyectos más complejos, además de que tarda un tiempo considerable, a veces años tomando en cuenta todos los equipos. Esto se debe a que es un proyecto que se aplica a toda la planta y requiere que todo el personal tenga un conocimiento integral de su equipo. Además, por lo general el personal operativo de una empresa no está acostumbrado a aceptar la responsabilidad del mantenimiento, y el personal de mantenimiento siente temor de dejarle ciertas responsabilidades del equipo, en ocasiones por considerarlo incapaz y en otras por temor a ser desplazado en un futuro.

El TPM se debe aplicar primero en un equipo, lo cual tarda de cuatro a cinco días, y así se va implementando sucesivamente en eventos bien organizados, siguiendo el procedimiento que se explica más adelante.

Un evento de mejora enfocado a implementar el TPM en una máquina o área específica se prepara con uno o dos meses de anticipación. Terminado este evento de implementación, debe existir un seguimiento por parte de los responsables para asegurar que se lleven a cabo las actividades que quedaron pendientes.

Los seis pilares del mantenimiento productivo total

Para que el TPM se implemente de manera realmente integral, debe incluir los siguientes pilares:

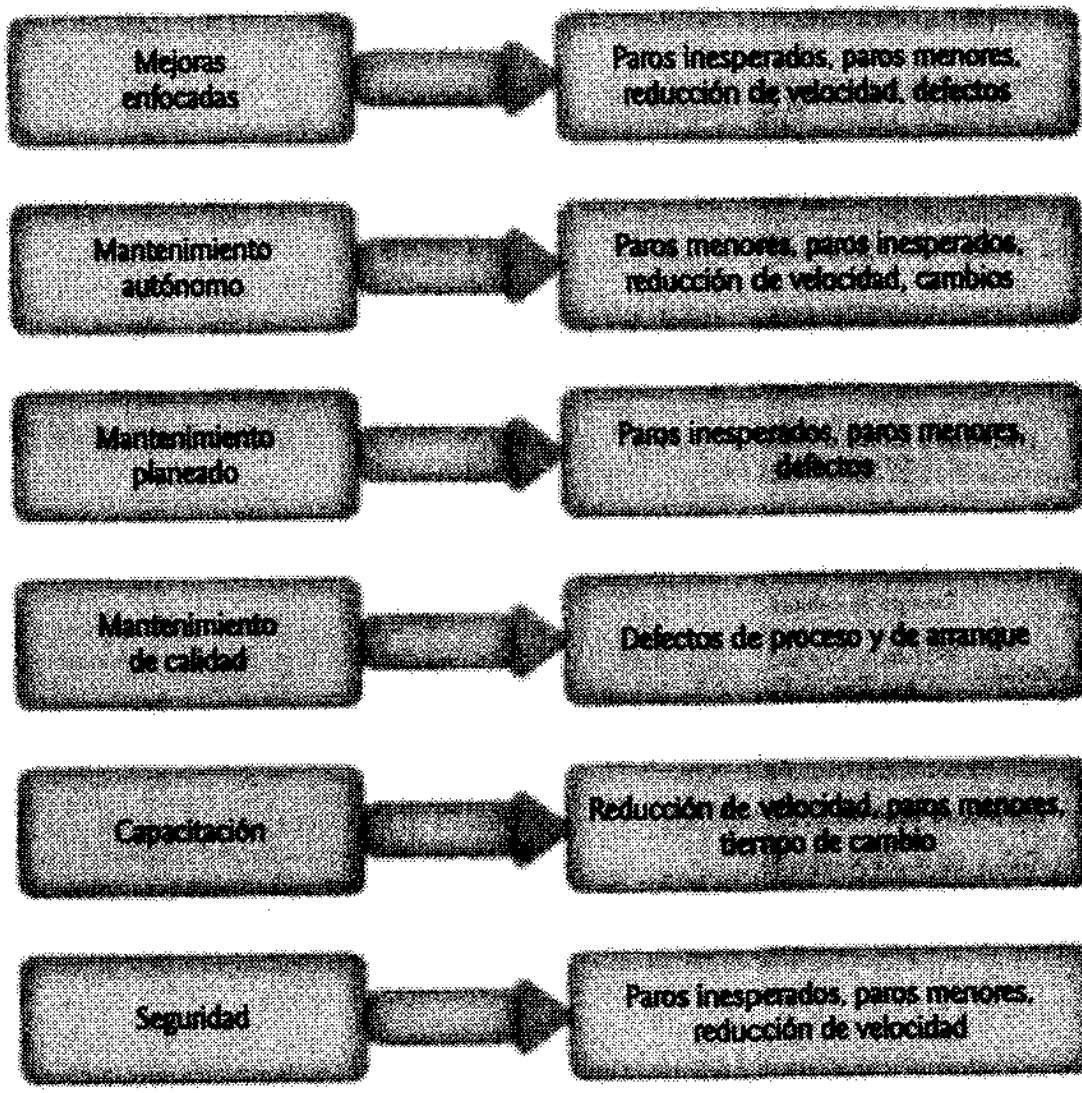
1. Mejoras enfocadas.
2. Mantenimiento autónomo.
3. Mantenimiento planeado.
4. Mantenimiento de calidad.
5. Capacitación.
6. Seguridad.

Las seis grandes pérdidas en los equipos

Las seis limitantes de los equipos que finalmente afectarán los resultados de la empresa se listan a continuación:

1. Tiempos muertos por paros inesperados.
2. Tiempos muertos por cambio de productos.
3. Paros menores.
4. Reducciones de velocidad.
5. Defectos en el proceso.
6. Defectos por arranque y cambio de productos.

Cómo combatir las seis grandes pérdidas en los equipos



Algunas mediciones importantes

Efectividad Total de los Equipos

La Efectividad Total de los Equipos u OEE (siglas en inglés de Overall Equipment Effectiveness) es una medición indispensable para darnos cuenta de la capacidad real para producir sin defectos. Para medirla es necesario obtener la información todos los días, procesarla y hacer los siguientes cálculos:

480 minutos
Tiempo total

450 minutos
Tiempo disponible
Tiempo disponible = 480 min. − 30 min. = 450 min.

30 min. plan.

400 minutos
Tiempo operativo

$$\textbf{Disponibilidad} = \frac{(450 \text{ min.} - 50 \text{ min.})}{450 \text{ min.}}$$

50 min. Cambios (mayor) 12%

1. Reparaciones
2. Cambios de producto

316 minutos
Tiempo eficiente

$$\textbf{Eficiencia} = \frac{950 \text{ pzas.}}{400 \text{ min.} \times 3 \text{ pzas./min.}} = 79\%$$

84 min. 21%

3. Paros menores
4. Reducción de velocidad

300 minutos
Tiempo de calidad

$$\textbf{Calidad} = \frac{950 \text{ pzas.} - 50 \text{ pzas.}}{950 \text{ pzas.}} = 95\%$$

16 min. 5%

5. Defectos y retrabajos
6. Desperdicio de cambios

Efectividad Total de los Equipos

OEE = .88 × .79 × .95 = 66%

OEE = 300÷450 = 66%

La Efectividad Total de los Equipos representa entonces el tiempo que realmente se trabaja, sin tiempos muertos, a la capacidad establecida y sin defectos. También es la fracción de tiempo aprovechable a partir del tiempo disponible, como podemos ver en la ilustración.

Fórmulas:

Tiempo total = tiempo disponible + tiempo planeado (comida, juntas, etcétera).

Tiempo disponible = tiempo total – tiempo planeado.

Tiempo operativo = tiempo total – tiempo planeado – tiempo muerto.

Tiempo muerto = tiempo de descomposturas + tiempo de cambio de producto.

Disponibilidad = (tiempo disponible – tiempo muerto) ÷ tiempo disponible.

Eficiencia = producción total ÷ (tiempo operativo × capacidad).

Calidad = (producción total – defectos y retrabajos) ÷ producción total.

OEE = disponibilidad × eficiencia × calidad.

Otras mediciones

Tiempo medio entre fallas

El tiempo medio entre fallas o MTBF (siglas en inglés de Mean Time Between Failures) es un indicador que se obtiene sumando todos los tiempos de falla y dividiendo el resultado entre el número de fallas observadas. Este número indica el periodo aproximado que una máquina funciona sin fallas.

Tiempo medio entre reparaciones

El tiempo medio entre reparaciones o MTTR (siglas en inglés de Mean Time Through Repair) es un indicador que se obtiene sumando todos los tiempos de reparación de un equipo y dividiendo el resultado entre el número de reparaciones realizadas. Este número indica el tiempo estimado que un equipo estará parado mientras es reparado.

Procedimiento para llevar a cabo el mantenimiento productivo total

Antes de realizar el evento *kaizen*

- Definir la máquina o equipo en el que se realizará el evento *kaizen* de TPM.
- Crear el equipo de implementación.
- Capacitar al personal en los temas del TPM.
- Crear planes y políticas para la implementación.
- Preparar documentos (tarjetas de oportunidad, registros, instructivos, manuales, etcétera).

Durante el evento *kaizen* (cuatro a ocho días)

- Hacerle una superlimpieza a la máquina y a su área.
- Implementar mantenimiento autónomo en el equipo.
- Establecer un programa de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Establecer un análisis de confiabilidad.
- Realizar una presentación de los logros obtenidos.

Hacerle una superlimpieza a la máquina y a su área

En este paso inicial, primero se les explica a todos los integrantes del equipo el procedimiento general de la aplicación de TPM y sus beneficios. Después se realiza la superlimpieza del equipo y de su área seleccionada, utilizando franelas o trapos con desengrasante.

Evento de superlimpieza.

Mientras se lleva a cabo la superlimpieza, el líder del equipo les explica a los integrantes que todos deben participar no

sólo limpiando, sino utilizando la limpieza para detectar oportunidades, como condiciones inseguras, falta de lubricante en las máquinas, elementos dañados, piezas flojas o rotas, etcétera.

Al limpiar, seguramente los miembros del equipo encontrarán componentes flojos o sueltos, motores desalineados, falta de lubricantes, fugas de aire, elementos faltantes, riesgos de seguridad, etc. Siempre que se encuentre una oportunidad de mejora, se debe registrar en la forma de oportunidad y colocar el talón en el lugar de la oportunidad para que ésta se mantenga a la vista.

Cada oportunidad se debe clasificar como A, B o C. Las oportunidades A se deben realizar en el tiempo en que se lleva a cabo el evento, es decir, no más de una semana; las oportunidades B se deben realizar en un plazo no mayor a dos semanas, y las oportunidades C deben realizarse en un plazo no mayor a dos meses. Esta clasificación se asigna para dar una formalidad a los tiempos de ejecución.

Implementar mantenimiento autónomo en el equipo

Para este paso es básico tener implementadas las 5's en el área, ya que el orden y la limpieza son la base del mantenimiento autónomo (vea el capítulo 7).

En la tarde del primer día y durante el segundo día se inicia con el programa de mantenimiento autónomo, el cual representa el corazón del mantenimiento productivo total, ya que ahora los operadores tendrán la responsabilidad permanente de conocer su equipo, cuidarlo y detectar fallas antes de que ocurran.

Para implementar el mantenimiento autónomo, el equipo debe reunir información relevante tanto de los manuales de las máquinas como de la experiencia y el conocimiento de operadores, ingenieros, técnicos, etc., a fin de establecer un programa diario que considere básicamente las siguientes actividades:

- Lubricación.
- Limpieza del equipo.
- Revisiones de sus niveles, parámetros, etcétera.
- Ajustes menores.

Entonces se prepara un registro que deberá llenar y firmar diariamente el operador cuando realice estas actividades.

Registro de mantenimiento autónomo

Máquina _____ Mes _____

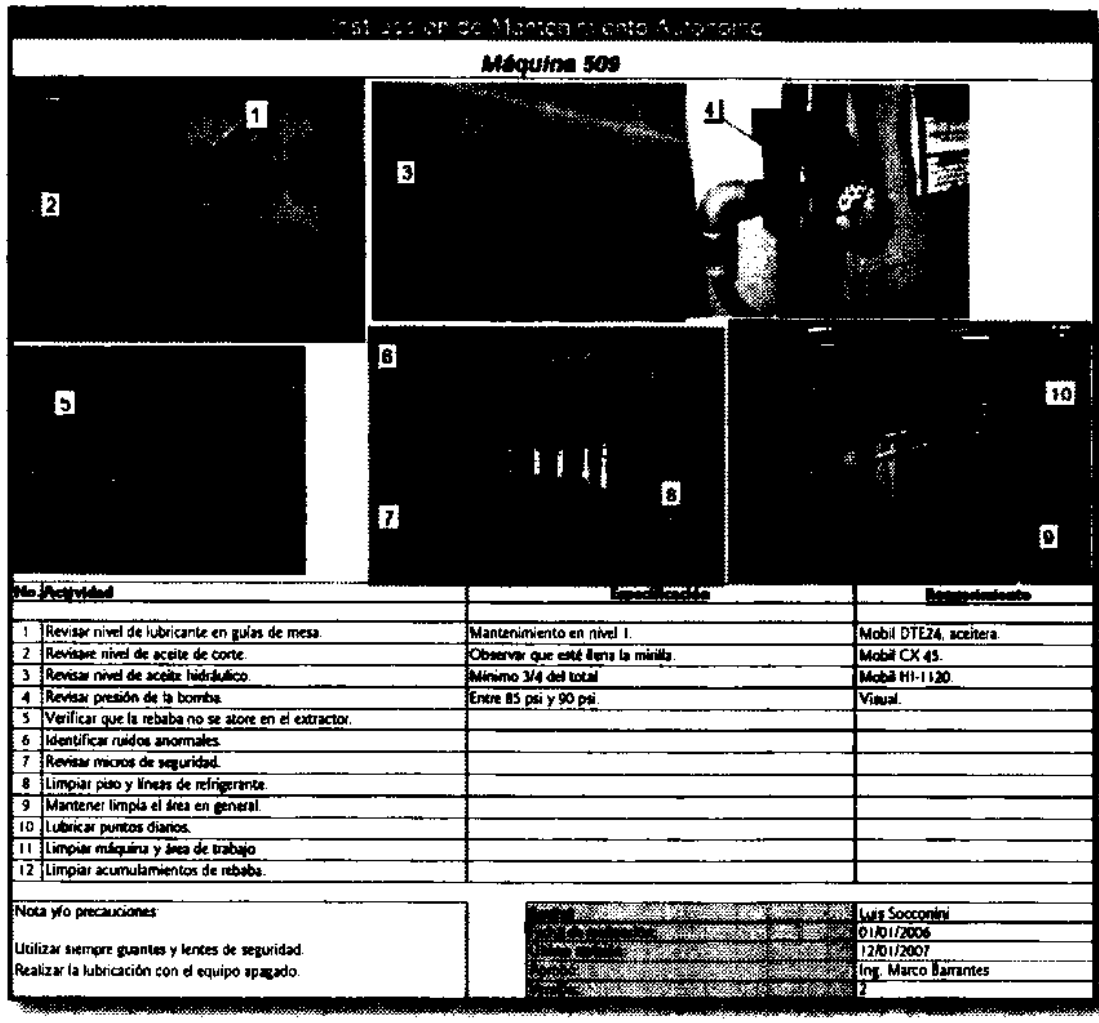
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ANTES																																
1	Revisar nivel de lubricante en guías de mesa																															
2	Revisar nivel de aceite de corte																															
3	Revisar nivel de aceite hidráulico																															
4	Revisar presión de la bomba hidráulica																															
DURANTE																																
	Verificar que la rebaba no se atore en el extractor																															
2	Identificar ruidos anormales																															
3	Revisar niveles de seguridad																															
4	Limpiar piso y líneas de refrigerante																															
5	Mantener limpia el área en general																															
AL FINALIZAR EL TURNO																																
1	Lubricar puntos diarios																															
2	Limpieza de máquina y área de trabajo																															
3	Limpiar acumulamientos de resaba																															
Supervisó																																
Comentarios																																

Forma 9.1

Este registro deberá estar en la máquina o cerca de ella para que el operador pueda verlo y pueda registrar las actividades escribiendo el número de nómina de cada actividad en su cuadro

correspondiente y el día del mes en que las ejecute. De esta manera se sabrá quién realizó la actividad y el supervisor o líder podrá evaluarla y confirmar que cada día se haya realizado la actividad correspondiente.

Además es muy importante crear un instructivo para que las actividades se realicen sin ninguna duda y siguiendo siempre las instrucciones.



Máquina 509

No.	Actividad	Especificación	Requerimiento
1	Revisar nivel de lubricante en guías de mesa.	Mantenimiento en nivel 1.	Mobil DTE24, aceitera.
2	Revisare nivel de aceite de corte.	Observar que esté llena la mirilla.	Mobil CX 45.
3	Revisar nivel de aceite hidráulico.	Mínimo 3/4 del total	Mobil HI-1120.
4	Revisar presión de la bomba.	Entre 85 psi y 90 psi.	Visual.
5	Verificar que la rebaba no se atore en el extractor.		
6	Identificar ruidos anormales.		
7	Revisar micros de seguridad.		
8	Limpiar piso y líneas de refrigerante.		
9	Mantener limpia el área en general.		
10	Lubricar puntos dianos.		
11	Limpiar máquina y área de trabajo		
12	Limpiar acumulamientos de rebaba.		

Nota y/o precauciones:

Utilizar siempre guantes y lentes de seguridad.
Realizar la lubricación con el equipo apagado.

[illegible]	Luis Soccorini
[illegible]	01/01/2006
[illegible]	12/01/2007
[illegible]	Ing. Marco Barrantes
[illegible]	2

Forma 9.2

Este instructivo será de gran ayuda para que el operador entienda el detalle del registro de mantenimiento autónomo.

Establecer un programa de mantenimiento preventivo y predictivo

Para asegurar la eliminación del desgaste forzado, el programa de actividades preventivas y predictivas será clave en la aplicación del mantenimiento productivo total.

Durante el tercer día del evento el equipo debe llevar a cabo un plan de actividades periódicas basándose en la documentación de manuales, las recomendaciones del fabricante, la experiencia de mecánicos y expertos, así como en la aportación de los operadores. Una vez establecida la frecuencia del mantenimiento,

Programa de mantenimiento preventivo y predictivo

Máquina _____ Mes _____

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
SEMANAL																																
1	Lubricar filtros de unidad de mantenimiento					X							X							X							X					
2	Engrasar cilindro vacío					X							X							X							X					
3	Engrasar registros de mecanismo de registro					X							X							X							X					
4	Engrasar base corredizo de marco					X							X							X							X					
MENSUAL																																
5	Verificar que la rebaba no se acore en el extractor													X																		
6	Identificar fugas anormales													X																		
7	Revisar micros de seguridad														X																	
8	Limpiar piso y líneas de refrigerante														X																	
9	Mantener limpia el área en general														X																	
SEMESTRAL																																
10	Revisar rodamientos		X																													
11	Cambiar aceite																															
ANUAL																																
12	Revisar conexiones									X																						
13	Reapretar tornillería																															
14	Cambiar filtros																															
15	Limpiar a fondo la máquina																															
16																																
	Supervisó																															

Comentarios

Forma 9.3

el equipo debe analizar también qué refacciones deberá tener disponibles el almacén.

Para llevar a cabo el plan de mantenimiento es necesario contar con el personal suficiente y preparado para realizar estas rutinas preventivas (de preferencia, debe tener conocimientos de mecánica, electricidad y electrónica). Este pilar se aplicará mediante la coordinación de planeación de producción, para realizarlo disciplinadamente y dedicar el tiempo necesario para su ejecución.

Establecer un análisis de confiabilidad

Para establecer un análisis de confiabilidad de los equipos, se debe realizar un análisis del modo y efecto de fallas (AMEF), el cual se explica con detalle en el capítulo 12.

El análisis de confiabilidad es un documento que identifica todos los componentes críticos de los equipos, y en el cual se establecen las fallas que pudieran ocurrir y resultar en descomposturas, problemas de calidad o en accidentes para los operadores y usuarios del proceso.

Este documento se debe iniciar en el evento, y al ser un documento vivo, su desarrollo nunca termina, ya que se siguen documentando las fallas, sus causas y la forma de detectarlas. El análisis de confiabilidad contribuye a mejorar la calidad con la que trabajan los equipos, dando así mayor confianza a las empresas de entregar a tiempo, reducir costos y anticiparse a cualquier falla o problema.

Realizar una presentación de los logros obtenidos

Cuando se llevan avances del evento durante la semana de aplicación, se van registrando las oportunidades, las fotografías de los hallazgos encontrados y las actividades que se realizan, así como la documentación que se va generando. El último día del evento se prepara una presentación para que el director o el gerente de planta observe los resultados del evento. Dicha presentación se divide básicamente en tres partes:

1. Situación actual: cómo estaba el área, las condiciones, las oportunidades, etcétera.
2. Qué se hizo: se describen las acciones realizadas durante el evento.
3. Qué se logró: se exhiben los logros (actividades, planes, capacitación, etcétera).

En esta presentación deben participar todos los integrantes del equipo y la dirección debe dedicar algunos minutos para darle al evento la importancia que merece.

Actividades de seguimiento después del evento *kaizen*

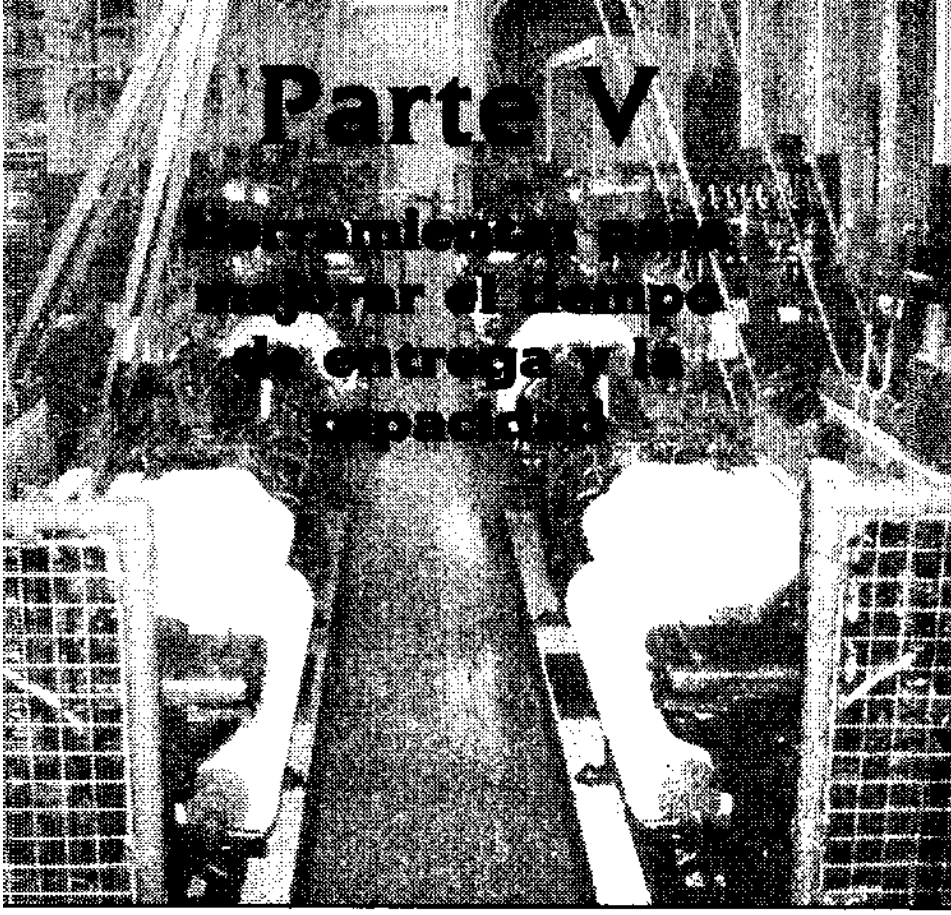
1. Dar seguimiento a las actividades 2 y 3 (mediano y largo plazos).
2. Asegurar la correcta aplicación con los operadores y supervisores.
3. Hacer visitas de seguimiento.
4. Hacer lecciones de un solo punto para que, en segmentos de 10 minutos, se puedan explicar las acciones relativas a algún tema en particular.

Consideraciones sobre la implementación del mantenimiento productivo total

- Las 5's son una herramienta esencial para facilitar las actividades de mantenimiento productivo.
- Es muy importante documentar los instructivos de trabajo.
- La capacitación tanto de los operadores como del personal de mantenimiento es básica para que el TPM tenga éxito.
- El compromiso directivo en la implementación y el seguimiento es un elemento crítico para el éxito del TPM.
- El TPM es aplicable a todos los equipos, incluyendo computadoras, vehículos, inmuebles, etcétera.

Archivos y formas aplicables

9.1 Tarjetas de oportunidad.
9.2 Forma de mantenimiento autónomo.
9.3 Calendario de mantenimiento preventivo.
9.4 Forma de instructivo de trabajo.

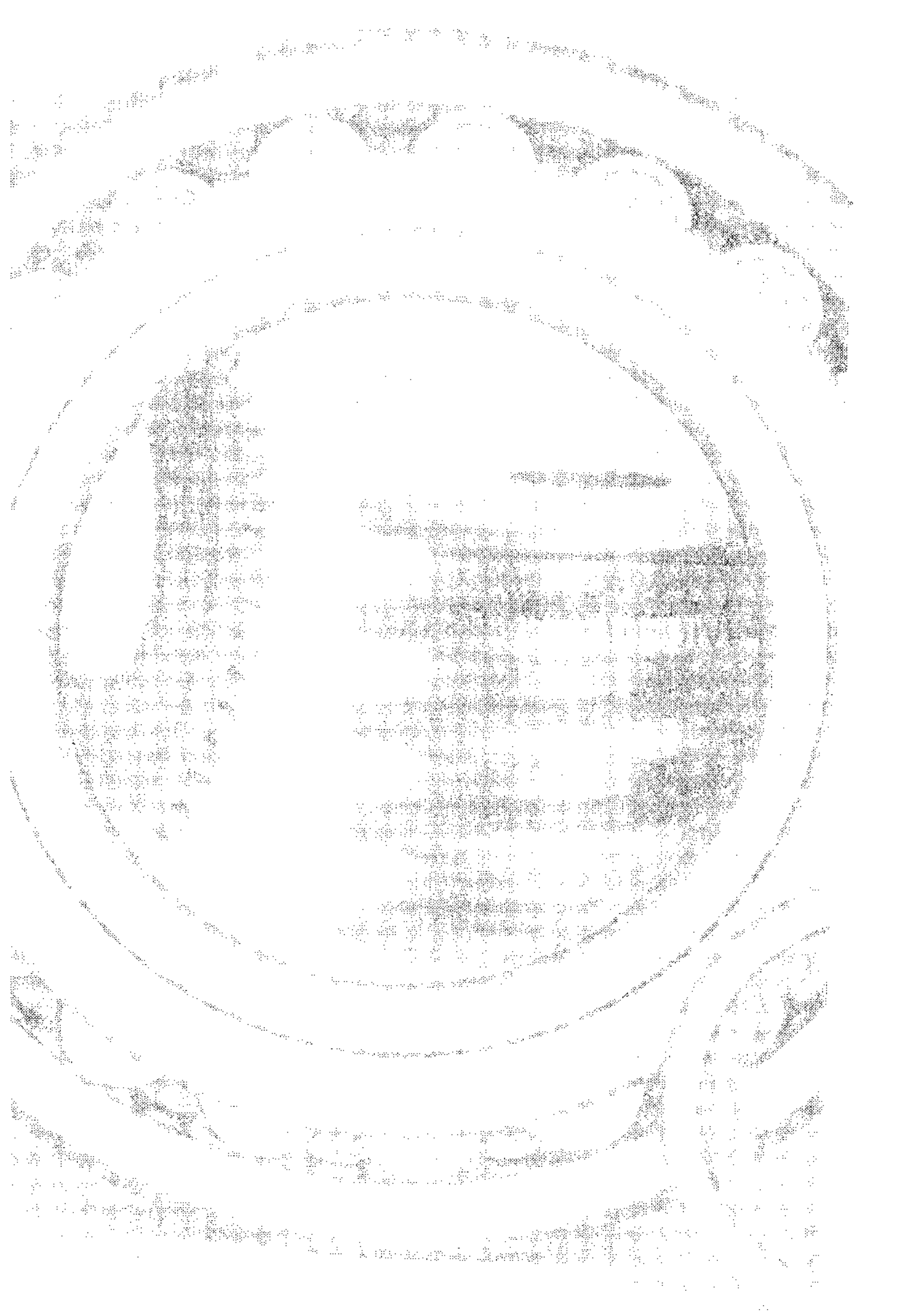


Parte V

Herramientas para mejorar el tiempo de entrega y la capacidad

CAPÍTULO 10

Manufactura celular



Antecedentes

En 1776, Adam Smith, economista y filósofo escocés, demostró que la división del trabajo en labores específicas daría como resultado un incremento en la productividad y que, si cada persona hacía bien su trabajo, el resultado sería un bien común. Este concepto fue apoyado por Frederick Taylor, padre de la administración científica, quien aseguraba que la labor de especialistas dedicados a tareas repetitivas daría como resultado un flujo más productivo.

Con la aplicación del concepto de líneas de producción de Henry Ford se dio mayor ímpetu a la idea de especializar el trabajo y realizarlo mediante enormes líneas de ensamble.

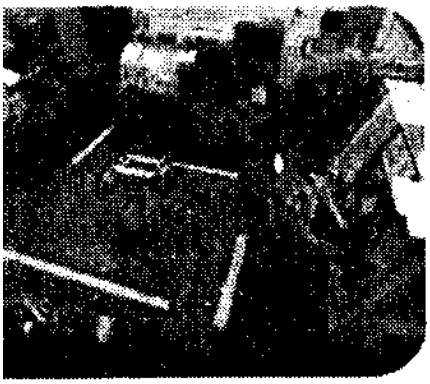
Actualmente las condiciones de demanda y volumen han cambiado de grandes lotes del mismo producto a lotes pequeños con gran variedad, lo que hace imposible seguir trabajando de la misma forma. Por ello, desde sus primeras aplicaciones en Toyota por parte de Shigeo Shingo, *Lean Manufacturing* propone el trabajo en flujo continuo.

El concepto celular propone la eliminación de los grandes lotes que se deben fabricar en cada departamento para impedir que se detenga la producción de alguna de estas áreas. Ahora buscaremos introducir un flujo continuo desde la primera hasta la última operación.

En una nueva perspectiva, no sólo buscaremos el bien propio, sino el bien común, con lo cual lograremos resultados sorprendentes.

Definición

Manufactura celular es un concepto de fabricación en el que la distribución de la planta se mejora de manera significativa haciendo fluir la producción ininterrumpidamente entre cada operación, reduciendo drásticamente el tiempo de respuesta, maximizando las habilidades del personal y haciendo que cada empleado realice varias operaciones.


Manufactura celular.

La manufactura celular consiste en agrupar máquinas y operaciones secuenciales, en las que se pueda fabricar un producto completo de principio a fin sin recurrir tanto al uso de transportes, eliminando inventarios en proceso y haciendo fluir la producción continuamente. En empresas tradicionales, los procesos están separados o departamentalizados, lo cual provoca que se tengan que almacenar, mover, trasladar y manipular los materiales por muchas áreas antes de terminarlos.

¿Para qué se implementa la manufactura celular?

Las siguientes son algunas de las utilidades de aplicar células de manufactura:

- Da continuidad en las operaciones de la planta.
- Elimina inventarios en proceso que tienen un costo económico y generan defectos por manipulación.
- Crea procesos flexibles al producir diversos productos en una sola área.
- Aumenta la flexibilidad y eficiencia de las empresas.
- Permite que los operadores sean más eficientes ya que se puede producir lo mismo con menos personas.
- Los operadores se involucran en más tareas relacionadas con el producto, al grado de que a veces un solo trabajador elabora un artículo completo, incrementando así su sentido de pertenencia con ese producto.
- Conecta directamente las operaciones para evitar transportes, demoras, movimientos de materiales, inventarios en proceso y sobreproducción.

¿Cuándo se utiliza la manufactura celular?

La manufactura celular se utiliza cuando necesitamos acortar los tiempos de respuesta de un proceso o de entrega al cliente,

mediante una mayor variedad y volúmenes bajos o medios de producción. Además, se utiliza cuando la demanda del mercado empieza a ser muy variable y la gama de productos demandados es mayor que antes.

¿Cuánto tiempo toma implementar la manufactura celular?

Para el diseño de nuevos procesos se necesita de uno a dos meses, ya que no siempre se dispone de toda la información necesaria (como los estándares de trabajo ya explicados) para apoyar el proyecto y es necesario hacer investigación.

Si se trata de rediseñar procesos existentes, puede tomar de una a dos semanas, ya que es fácil recolectar la información necesaria y existen los elementos para realizarlo en poco tiempo. Sin embargo, en algunas empresas, contadas por cierto, este tiempo puede ser mayor debido a que el cambio de ubicación de las estaciones de trabajo puede requerir cimentaciones o instalaciones especiales.

Procedimiento para implementar la manufactura celular

Antes de realizar el evento *kaizen* (uno a dos meses por equipo)

- Establecer el objetivo, el alcance y la documentación del proyecto (formato de proyecto).
- Dibujar el plano actual del sistema de producción.
- Formar el equipo (incluyendo operadores).
- Proporcionar capacitación sobre *Lean Manufacturing* y especialmente sobre manufactura celular.

Durante el evento *kaizen* (cuatro a ocho días)

- Realizar un diagrama *spaghetti*.
- Dibujar el mapa de valor actual.

- Hacer un análisis de *mudas* y detectar oportunidades.
- Determinar el tiempo *takt* y el número de operadores.
- Dibujar el mapa de valor futuro.
- Dibujar el diseño de la nueva célula.
- Implementar la célula en el proceso.

Realizar un diagrama spaghetti

El diagrama *spaghetti* (figura 10.1) marca la ruta de los materiales por todas las fases de producción y nos sirve para entender el flujo de la producción desde el almacén de material, el proceso y hasta el almacén de producto terminado.

Dibujar el mapa de valor actual

El mapa de valor es un gráfico en el que representamos todas las actividades del proceso, tanto las que agregan valor, como las que sólo agregan costo y tiempo, además permite ver el flujo de la información desde la orden hasta la entrega al cliente.

En este mapa de valor observamos que, dadas las condiciones del sistema actual, el tiempo de entrega es de 14.4 días y el tiempo de valor agregado es de sólo 337 segundos, lo que indica que el material pasa una gran parte del tiempo esperando a que alguien le agregue valor y en el inventario en proceso.

El mapa de valor actual nos ayudará a entender el flujo actual y a detectar oportunidades para crear un flujo continuo.

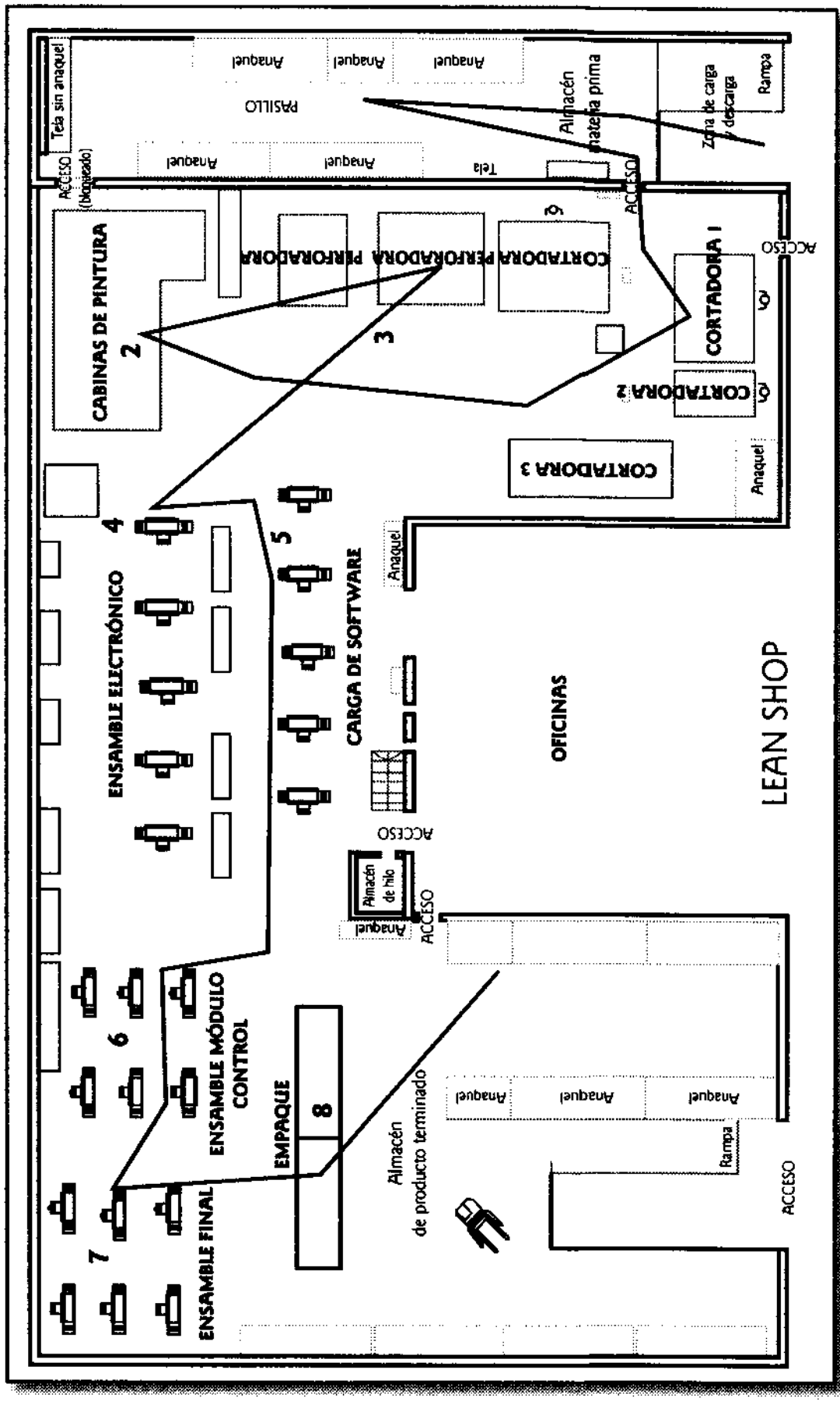

Tela sin anaquel
ACCESO (bloqueado)
Anaquel
Anaquel
Anaquel
PASILLO
Almacén materia prima
Zona de carga y descarga
Rampa
Anaquel
Anaquel
Tela
ACCESO
CABINAS DE PINTURA
2
PERFORADORA
PERFORADORA
3
CORTADORA 1
6
ACCESO
CORTADORA 1
5
CORTADORA 2
5
CORTADORA 3
Anaquel
4
5
ENSAMBLE ELECTRÓNICO
CARGA DE SOFTWARE
Anaquel
OFICINAS
LEAN SHOP
ACCESO
Almacén de hilo
Anaquel
ACCESO
6
ENSAMBLE MÓDULO CONTROL
EMPAQUE
8
Almacén de producto terminado
Anaquel
Anaquel
Anaquel
Rampa
ACCESO
7
ENSAMBLE FINAL

Figura 10.1

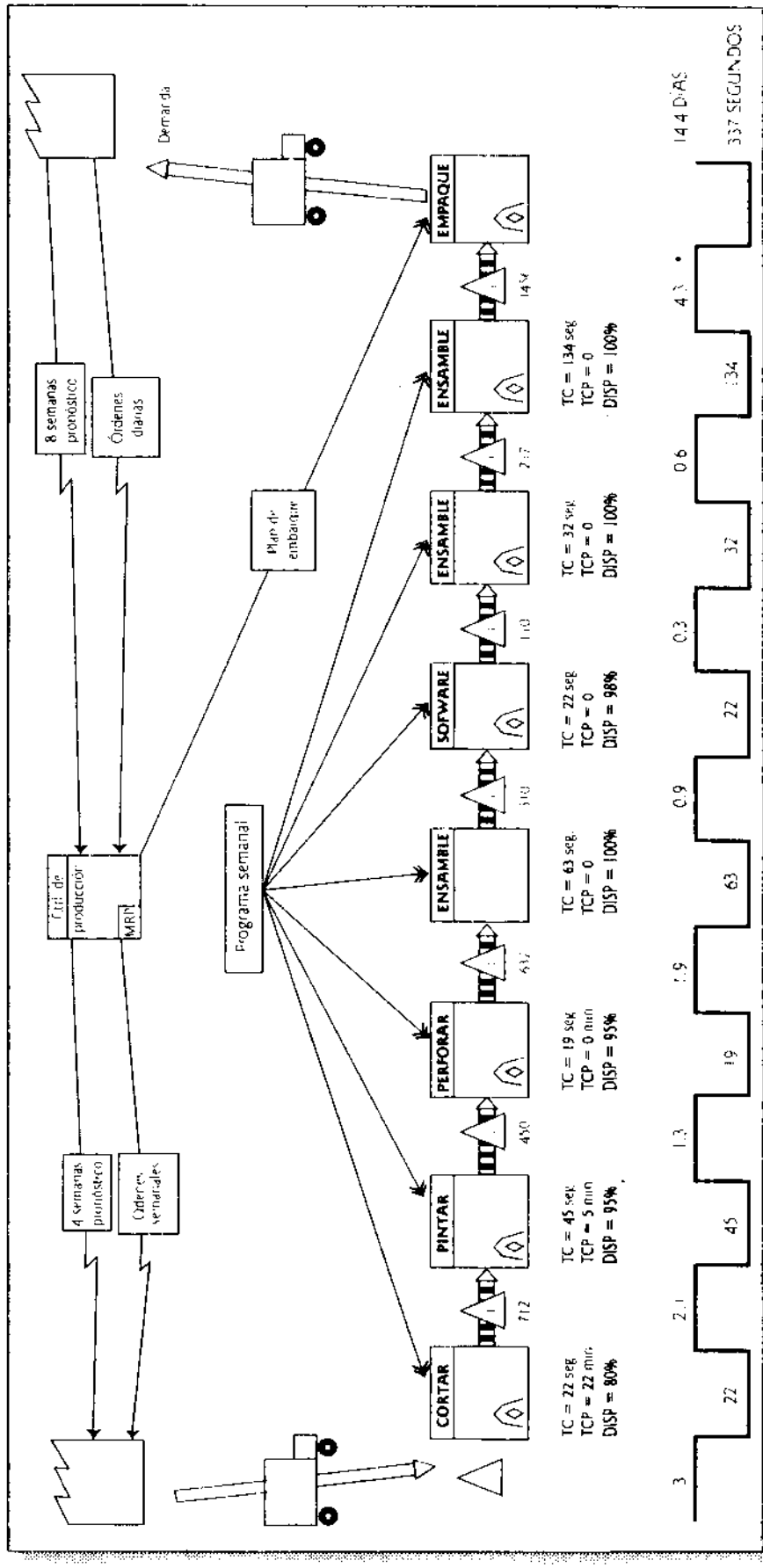
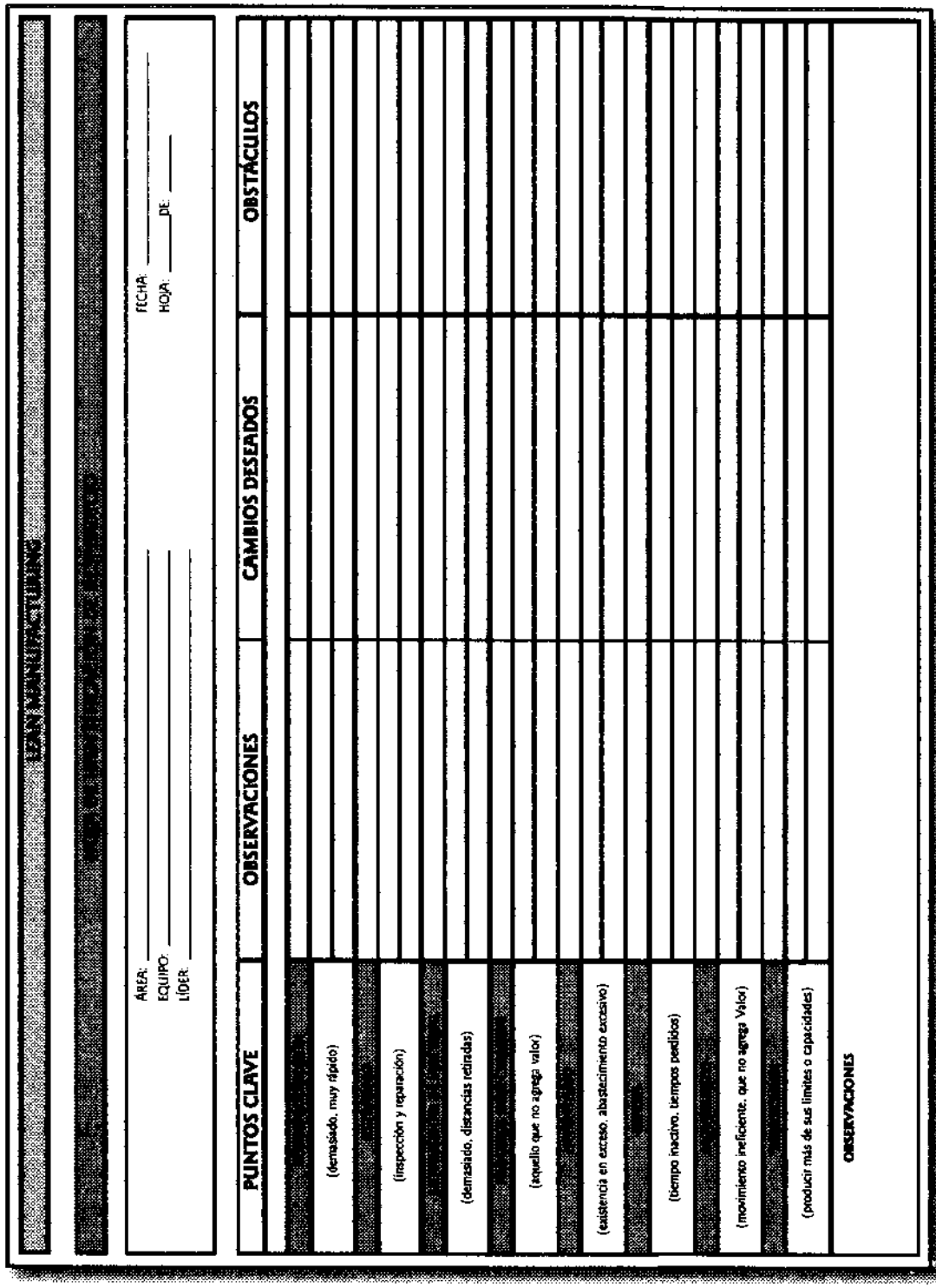

8 semanas pronóstico
Órdenes diarias
Demanda
Programa semanal
Plan de embarque
MRP
4 semanas pronóstico
CORTAR
PINTAR
PERFORAR
ENSAMBLE
SOFWARE
ENSAMBLE
ENSAMBLE
EMPAQUE
TC = 22 seg
TCP = 22 min
DISP = 80%
TC = 45 seg
TCP = 5 min
DISP = 95%
TC = 19 seg
TCP = 0 min
DISP = 95%
TC = 63 seg.
TCP = 0
DISP = 100%
TC = 22 seg
TCP = 0
DISP = 98%
TC = 32 seg
TCP = 0
DISP = 100%
TC = 134 seg
TCP = 0
DISP = 100%
144 DIAS
337 SEGUNDOS

Figura 10.2

Hacer un análisis de mudas *y detectar oportunidades*

En este análisis se utilizan las hojas de identificación de desperdicios contenidas en el archivo "2 Análisis Mudas.xls".



Forma 10.1

Para realizar el análisis de oportunidades, se recomienda que el equipo que implemente la célula de flujo continuo analice todas

las oportunidades de mejora que existan en el área, en donde se podrán descubrir *mudas*, *muras* y *muris*.

Determinar el tiempo takt *y el número de operadores*

Tiempo takt

Como vimos en el capítulo 5, el tiempo *takt* es la velocidad a la que compra el cliente y es el tiempo al que el sistema de producción debe adaptarse para satisfacer las expectativas del cliente.

Fórmula: tiempo *takt* = tiempo disponible ÷ demanda.

Ejemplo

Tiempo disponible por día = 8 horas − 30 minutos de comida y descanso = 450 minutos

$$450\,\frac{\text{min.}}{\text{turno}} \times 1\,\frac{\text{turno}}{\text{día}} \times 60\,\frac{\text{segundos}}{\text{min.}} = 27{,}000 \text{ segundos.}$$

Demanda mensual = 7510 piezas.
Demanda diaria = 7510 pzas. ÷ 22 días hábiles = 341 piezas diarias.

Tiempo *takt* = 27,000 seg. ÷ 341 pzas. = 79 seg./pza.

Esto significa que el cliente está dispuesto a comprar una pieza cada 79 segundos.

Número de operadores necesarios

Para establecer el número de operadores necesarios, dividimos el tiempo total del ciclo, que en este caso son 386 segundos, entre el tiempo *takt*, que es de 79 segundos, lo que nos da un total de 4.88 operadores. Esto significa que, ocupando todo el tiempo de cada persona y combinando los trabajos de diversas operaciones, 5 personas podrían, sin ningún retraso ni interferencia, cumplir con el tiempo requerido para producir cada pieza en 79 segundos.

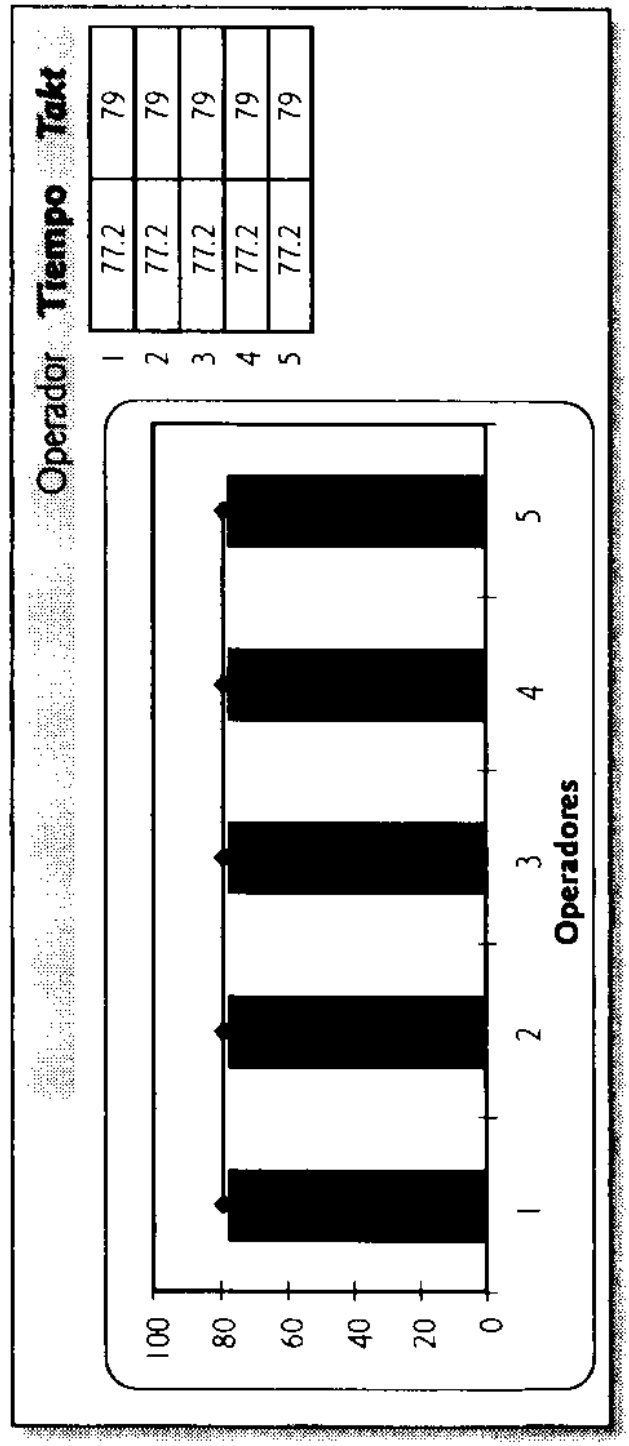


Figura 10.3

Podemos ver en la figura 10.3 que cada operador tiene un tiempo de valor agregado de 77.2 segundos, es decir, un tiempo muy cercano al tiempo *takt*. Para que esto sea posible, debemos deshacernos de todo desperdicio que distraiga a los operadores de realizar actividades que sólo agreguen valor. Esto puede parecer ideal, pero debe ser el punto de partida de un análisis detallado de las operaciones para lograr una mayor productividad.

Balanceo de las operaciones

Operador	Tiempo	Operaciones
A	67	**1, 2**
B	82	**3, 4**
C	77	**5, 6, 7**
D	77	**7**
E	83	**7, 8**

Como podemos observar, a cada trabajador se le asignó más de una operación para compensar los tiempos. Sin embargo, para poder trabajar por debajo del tiempo *takt*, debemos hacer mejoras en el proceso para reducir los tiempos de los operadores B y E. Cabe mencionar que este primer diseño es de alguna manera ideal, por lo que debemos tomar en cuenta la naturaleza de las operaciones para decidir sobre la viabilidad de combinarlas.

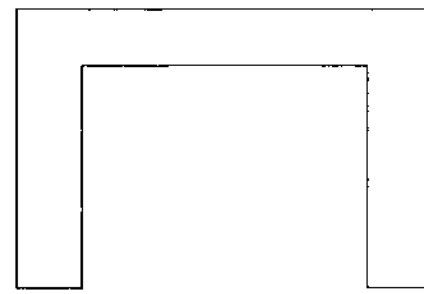
Dibujar el mapa de valor futuro

En este caso tomaremos el mapa futuro que realizamos en el capítulo 5 (figura 10.4).

Desarrollar flujo continuo

Observamos que podríamos crear flujo continuo uniendo las siguientes operaciones: corte + cabina de pintura + perforado + ensamble electrónico + carga de software + ensamble de módulo de control + ensamble final + empaque. Esto representa un cambio de paradigma total, pues ya no se administrarán elementos de proceso, sino un sistema de producción. Simplemente deberíamos preguntarnos si algo impide que podamos situar una operación inmediatamente después de la siguiente.

Esto lo representamos con el símbolo correspondiente a célula de trabajo.



En esta célula se establece el flujo continuo reuniendo todas las operaciones consecutivamente.

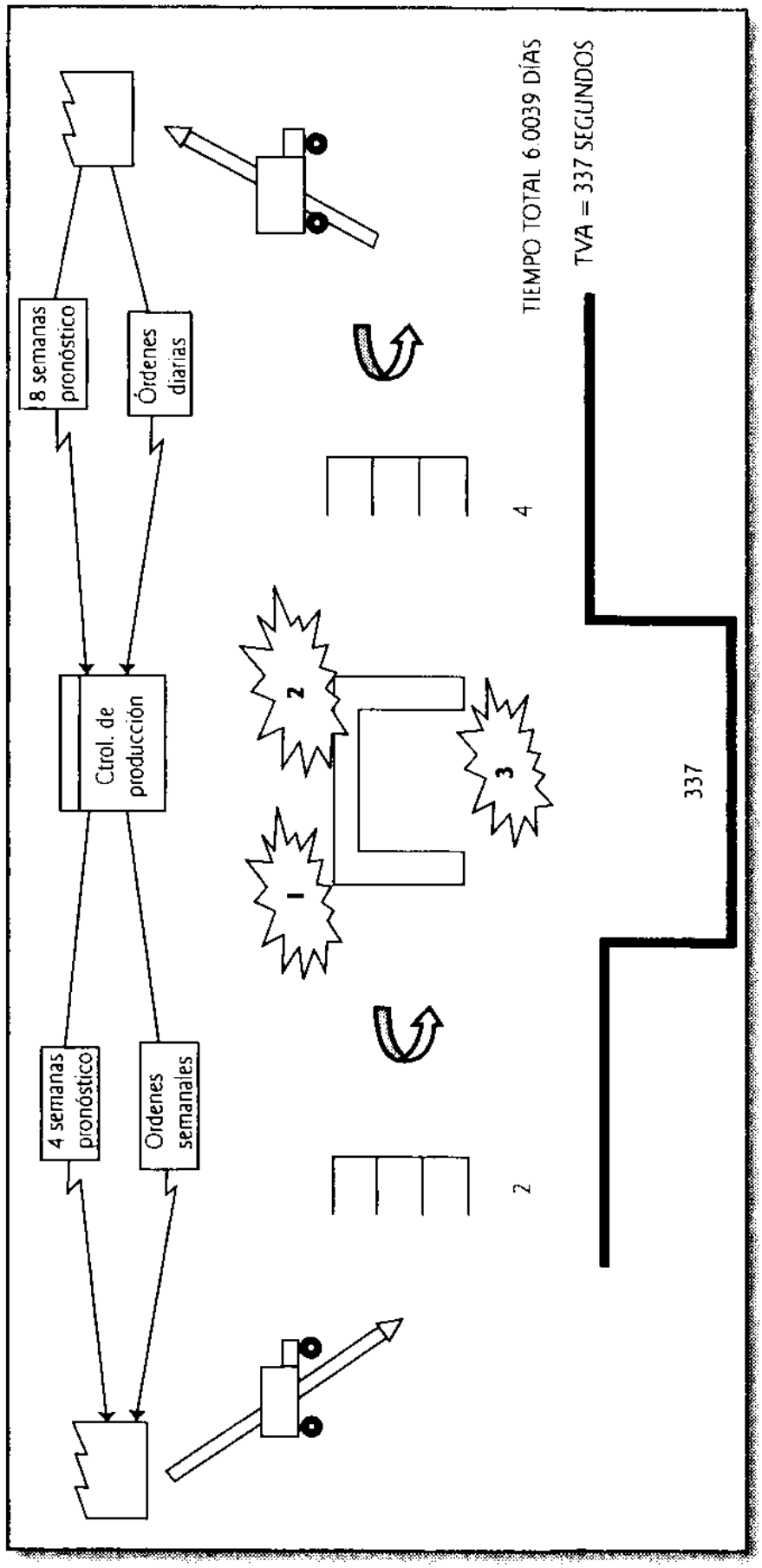

8 semanas pronóstico
Órdenes diarias
Ctrol. de producción
4 semanas pronóstico
Ordenes semanales
2
1
3
4
TIEMPO TOTAL 6.0039 DÍAS
TVA = 337 SEGUNDOS
337

Figura 10.4

Dibujar el diseño de la nueva célula

Ahora debemos dibujar las instalaciones con las alternativas planteadas (se recomienda trabajar con papel sobre el área y dibujar las máquinas con la misma escala para moverlas libremente sobre el papel y ver el esquema de flujo, distancias, conveniencias e inconveniencias del nuevo *layout*).

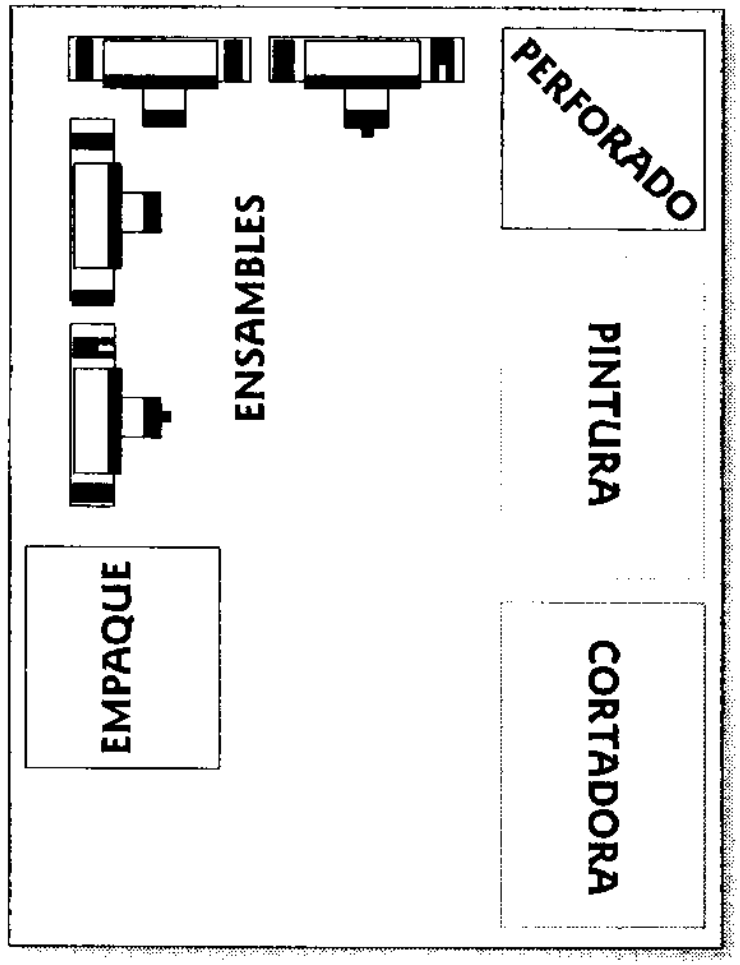
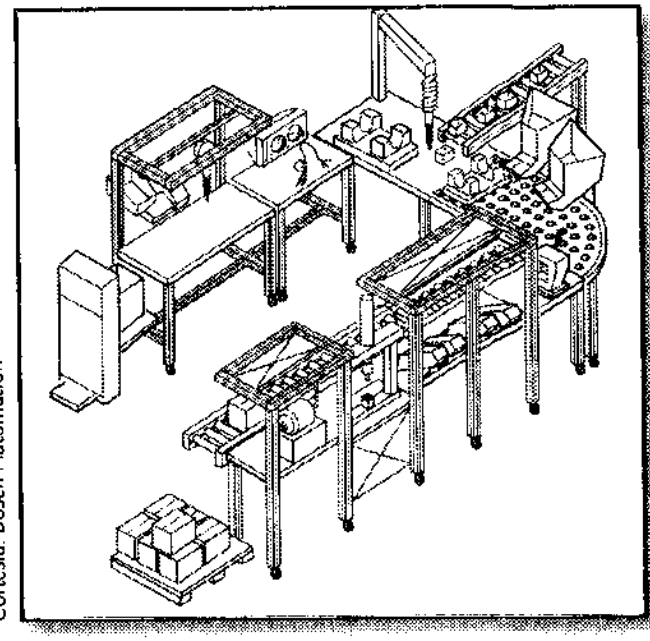


Figura 10.5

Para acomodar los equipos y mesas en la célula, se recomienda dibujar inicialmente el pasillo interno y situar la primera y la última operaciones al principio para comenzar a formar la herradura, inmediatamente después situar la segunda y la penúltima operaciones, y así sucesivamente hasta cerrar la U.

En este caso, al acomodar una máquina o estación inmediatamente después de otra, logramos el flujo continuo pero, sobre todo, obtenemos una mejor comunicación entre operadores ya que todos están muy cerca y pueden recibir retroalimentación inmediata.



Cortesía: Bosch Automation

Ahora debemos hacer lo siguiente:

- Planear cómo se moverán los materiales.
- Establecer las cantidades de material por tener en el proceso.
- Analizar las condiciones de ergonomía y seguridad en el área.

La ergonomía es un elemento clave para el desarrollo óptimo del trabajo de una célula, ya que un sitio con poca iluminación, incómodo, inflexible, etc., tiene un efecto negativo directo sobre la productividad de todo el sistema. Por ello, debemos considerar los siguientes aspectos para cada estación de trabajo:

- Estatura.
- Espacio de disposición.
- Posicionamiento de materiales.
- Trabajo arriba del corazón.
- Campos visuales.
- Iluminación.
- Ajustes de posiciones.

Actividades de seguimiento después del evento *kaizen*

a. Dar seguimiento a las actividades b y c (mediano y largo plazos).
b. Preparar las instalaciones de servicios antes de mover equipos.
c. Dar a conocer al equipo las nuevas reglas de trabajo.
d. Capacitar continuamente al personal en herramientas *Lean*.
e. Realizar una reunión al inicio de cada turno para ver metas y logros del día anterior.
f. Crear tableros de seguimiento de la producción (vea el capítulo 8).
g. Escoger a un líder de célula que opere, pero mantenga alertas a sus compañeros y los apoye.
h. Evaluar constantemente las oportunidades, sobre todo al inicio.
i. Establecer un sistema de incentivos que premie el trabajo en equipo e individual.

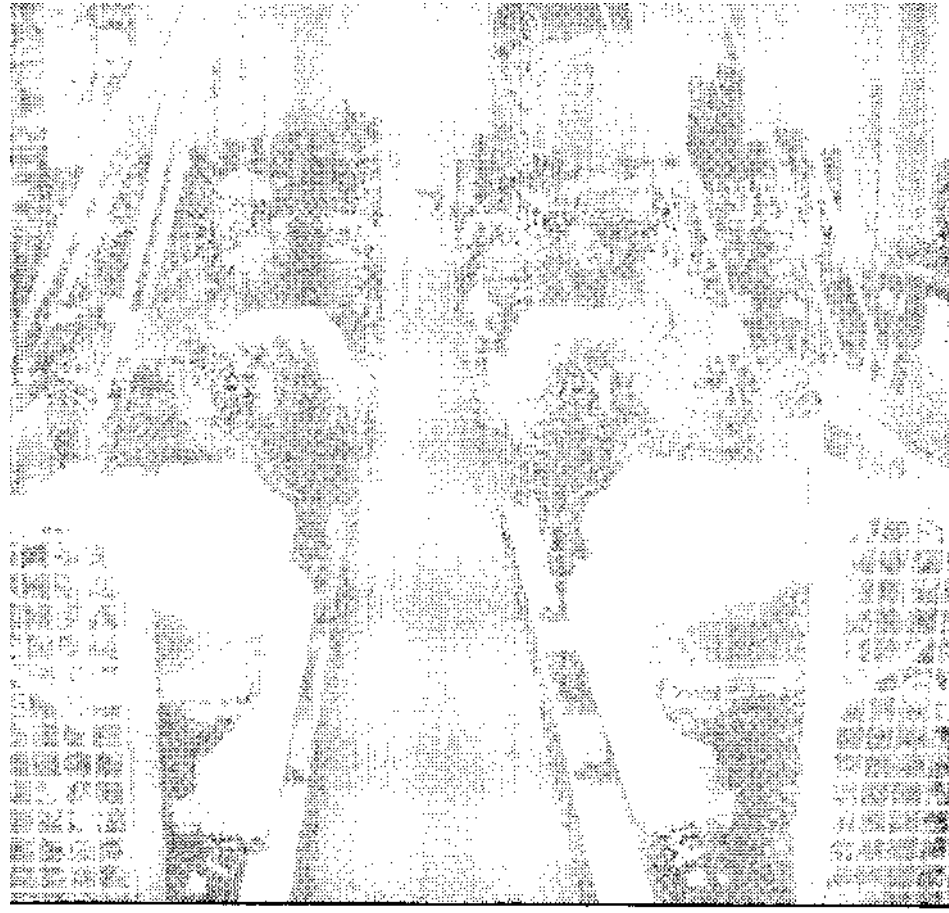
Herramientas y conceptos útiles para la aplicación

1. Las 5's son una herramienta esencial para facilitar las actividades de implementación de células de manufactura.
2. Considere la implementación de TPM antes de implementar células de manufactura. Esto hará que sus cálculos sean más realistas y sus equipos más confiables para trabajar en un ambiente celular.
3. Certifique a sus operadores en varias operaciones y realice una matriz de capacitación en la que sus operadores sean capaces de operar, mantener y analizar la calidad en cada centro de trabajo.
4. Asegure el abasto de los materiales en todas las estaciones utilizando el sistema *kanban* (que se explicará más adelante) u otros métodos para que nunca se detenga la producción por falta de materiales.

5. Realice controles visuales para que los trabajadores entiendan sus operaciones a fondo utilizando tableros e instructivos visibles en su lugar de trabajo.
6. Aplique *andon* o control visual (lámparas, sonidos u otros medios) para comunicar que se necesita material, mantenimiento, asistencia, etc. De este modo, el equipo de apoyo sabrá de las anomalías sin que el operador deje su lugar de trabajo y la célula se mantendrá productiva.
7. Establezca mediciones del avance del trabajo cada hora en las que los operadores anoten la producción que llevan en ese momento y la comparen con la producción que deberían llevar.
8. Si es posible, establezca el trabajo de pieza en pieza (lotes de tamaño uno). Esto se logra balanceando la célula de producción y haciendo que los operadores muevan los materiales directamente de operación en operación a medida que avanza el proceso.
9. Considere la aplicación de SMED (cambios rápidos) para asegurar que la célula trabaje a su máximo potencial y apoyar la producción de lotes unitarios explicada en el punto 8.

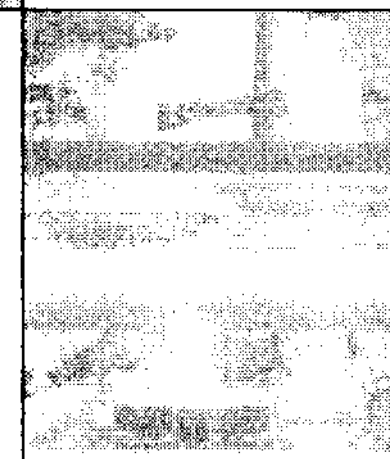
Archivos y formas aplicables

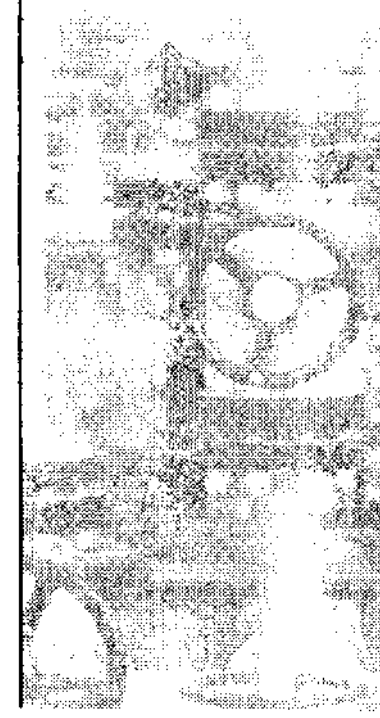
Tarjetas de oportunidad.

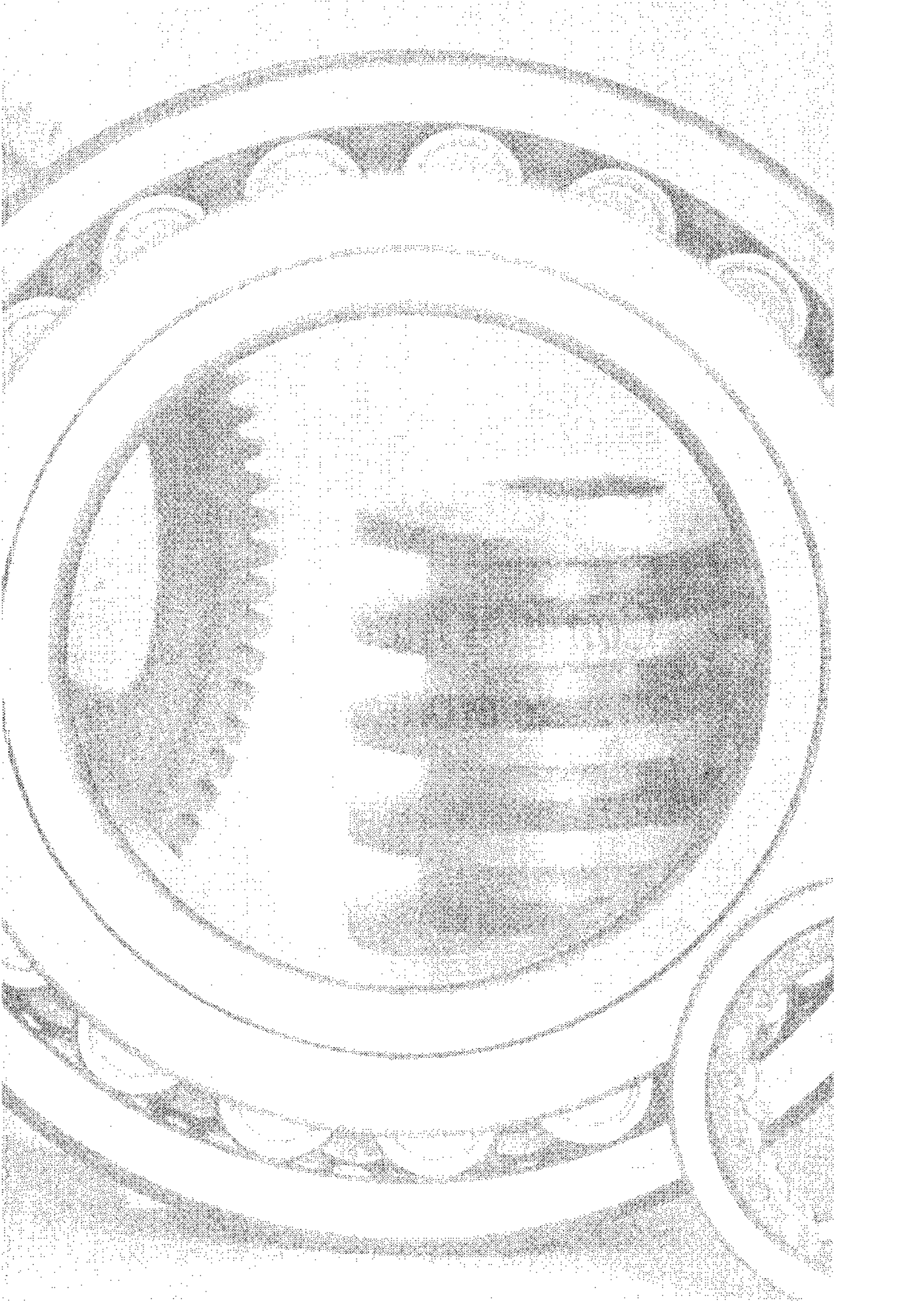


CAPÍTULO 11

Cambios rápidos de productos







Breve historia

El ingeniero Taiichi Ohno, director en jefe de producción de Toyota, analizó cómo trabajaba la industria automotriz estadounidense, en la que contaban con muchas prensas para fabricar diversos modelos y no tener que cambiar los moldes, pues en algunos casos el cambio tomaba más de 24 horas. En Toyota tenían un número limitado de prensas y el reto era fabricar una amplia gama de vehículos con un número mucho menor de equipos. Para ello contrataron al ingeniero Shigeo Shingo como consultor, y para 1970 estaba realizando cambios en prensas de más de 1000 toneladas en casi tres minutos.

Definición

SMED (Single Minute Exchange of Die) significa cambio de herramentales en un solo dígito de minuto, es decir, en menos de 10 minutos.

El tiempo de cambio es el tiempo que transcurre desde que sale la última pieza buena de un lote anterior, hasta que sale la primera pieza buena del siguiente lote después del cambio.

Imagine en una parada de *pits* a un auto de carreras que tiene que regresar a la pista lo antes posible. Lo mismo pasa en las empresas que buscan hacer más rápidos sus procesos maximizando las actividades que agregan valor y minimizando tiempos de cambio que no lo agregan.

¿Cuándo se utiliza SMED?

SMED se utiliza cuando necesitamos reducir los tiempos de ciclo aprovechando al máximo el tiempo disponible para producir y utilizando menos tiempo para cambiar herramentales.

Las siguientes son algunas de las utilidades de SMED:

1. Observar y medir el tiempo total de cambio.
2. Separar las actividades internas de las externas.
3. Convertir actividades internas en externas y mover actividades externas fuera del paro.
4. Eliminar desperdicio de las actividades internas.
5. Eliminar desperdicio de las actividades externas.
6. Estandarizar y mantener el nuevo procedimiento.

1. Observar y medir el tiempo total de cambio

En esta fase el equipo *kaizen* observará detalladamente un cambio. Uno de los miembros del equipo grabará en video la secuencia completa, incluyendo movimientos de las personas y movimientos de las manos de los operadores o del personal que esté realizando el cambio de producto. El resto del equipo buscará oportunidades de mejora.

Es muy importante que se tome el tiempo de cambio, accionando el cronómetro cuando salga el último producto bueno de la corrida anterior y parándolo hasta que salga el primer producto bueno de la siguiente corrida.

Guía para el video

- Identificar claramente a todos los que estén involucrados en el cambio.
- Respetar los deseos de quienes no quieran ser filmados.
- Grabar una visión panorámica de todo el proceso.
- Filmar los movimientos manuales, la obtención de los herramentales y las interacciones con otros procesos.
- Acercarse lo suficiente para captar las actividades manuales.
- De ser posible, aplicar la función "ver fecha y hora".
- Usar grabadora de voces para obtener detalles.
- Editar el video con los involucrados lo antes posible.
- Calendarizar reuniones para revisar el video.

- Hace posible fabricar gran variedad de productos.
- Aumenta la capacidad de producción.
- Permite producir una mayor variedad de productos.
- Reduce las pérdidas de material.
- Incrementa el número de cambios.
- Reduce el tamaño de los lotes.
- Disminuye los niveles de inventario.
- Reduce el tiempo de entrega.
- Incrementa la flexibilidad para responder a las demandas de los clientes.
- Aumenta el tiempo de respuesta al cliente.
- Minimiza el tiempo perdido durante el cambio.

¿Cuánto tiempo toma implementar SMED?

Cuando se realiza en un evento *kaizen* puede tomar entre tres y cinco días, más uno o dos meses para el seguimiento de las actividades.

Procedimiento para implementar SMED

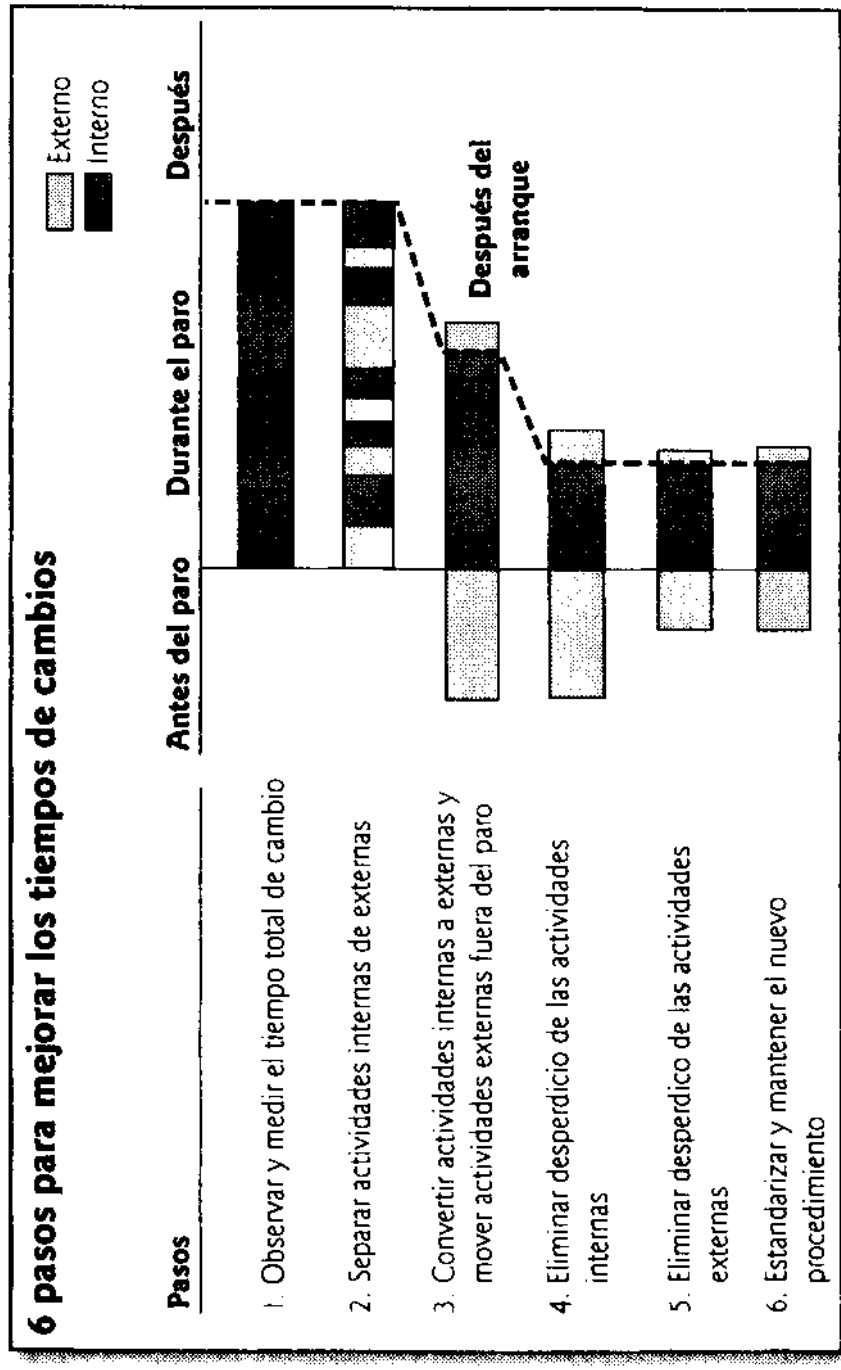
Antes de realizar el evento *kaizen* (uno a dos meses)

- Realice un mapa de la cadena de valor (*value stream map*) y utilícelo para determinar si la máquina es un cuello de botella. Determine el impacto de hacer un evento *kaizen* ya que las máquinas que tienen tiempos largos de cambio no siempre son las que tienen mejores oportunidades para mejorar, especialmente si no son cuellos de botella.
- Establezca el equipo o máquina en la que debe enfocarse dada la oportunidad que ha encontrado para mejorar el tiempo de cambio. Esto es importante ya que le permitirá obtener grandes mejoras en esa máquina o equipo.
- Establezca un equipo multidisciplinario de personas de diversas áreas, como operadores de producción, calidad, mantenimiento, etcétera.
- Revise el programa de producción para establecer una fecha de inicio del evento *kaizen*.

- Establezca una agenda para el evento y distribúyala entre todos los miembros del equipo.
- Consiga una cámara de video.
- Realice una introducción al tema de cambios rápidos para el personal que integra el equipo *kaizen*.

Durante el evento *kaizen*

Durante el evento *kaizen* se realizan los siguientes pasos para mejorar los tiempos de cambio:



2. *Separar las actividades internas de las externas*

Cuando el equipo se reúna para analizar el video, empezará a revisar cada actividad y la anotará en la forma 11.1, "Análisis SMED para redución de tiempos de cambio", que se muestra en la página siguiente.

Cuando las actividades se puedan realizar antes o después del paro, se clasificarán como actividades externas en la forma 11.1. Cuando la máquina tenga que estar detenida para desarrollar las actividades, entonces éstas se clasificarán como internas.

3. *Convertir actividades internas en externas y mover actividades externas fuera del paro*

En este paso se analizará cuáles actividades que se realizan durante el paro se podrán simplificar o mejorar. Para ello se presenta la siguiente guía.

Actividades comunes en un cambio

- Tener a la mano las herramientas necesarias para el cambio.
- Comunicar la necesidad de un cambio.
- El operador debe tener comunicación con el supervisor.
- Hacer inspecciones y papeleo para el cambio.
- Contactar al personal encargado del cambio cuando se pare la producción y esperar a que llegue.

Actividades sugeridas para este paso

- Mantener las herramientas cerca o en un carrito de cambio.
- Implementar un sistema *andon* para comunicar que se realizará un cambio.
- Estandarizar roles en las operaciones para cada miembro del equipo.
- Esperar hasta que esté corriendo la actividad para iniciar el papeleo.

Análisis SMED para reducción de tiempos de cambio

Área.

Fecha: 13 de mayo del 2005

Kaizen 1

No.	Operación de cambio	Operadores 1	2	3	4	5	Tiempo acumulado	Tiempo	Potencial	Interno	Externo	Desperdicio	Comentarios
1	Se solicita cambio de presentación						18:54:50						
2	Personal de cambio revisa procedimiento	x	x				18:58:10	00:03:20	00:00:20				Se solicitará 3 horas antes
3	Entrega de cambio	1					18:59:00	00:00:50	00:00:00				
4	El equipo de cambio es transportado hacia llenadora	1					19:02:09	00:03:09	00:00:00				
5	Desmontaje y montaje de calzas y copas	1					19:05:13	00:03:04	00:00:00				
6	Quitar soportes		x	x									
6.1	Se termina montaje de calzas y copas	x					19:33:37	00:28:24	00:20:00				Suavizar bordes de copas para que se desmonten y monten con facilidad
7	Acomodo de calzas desmontadas	1					19:35:45	00:02:08	00:03:20				
8	Cambio de manejo de botella	1					19:36:42	00:00:57	00:00:20				
9	Desmontaje de estrellas y placa centrales	1					19:38:56	00:02:14	00:00:17				Revisar cuñero de estrella de salida, se atora al sacarla
10	Montaje de estrellas y placa centrales	1					19:41:03	00:02:07	00:00:00				
11	Acomodo de placa central y estrellas en el carro	1					19:41:31	00:00:28	00:00:55				
12	Desmontar gusano	1					19:42:31	00:01:00	00:04:00				
13	Montaje de gusano	1					19:43:35	00:01:04	00:00:00				
14	Va por botella para ajustes	1					19:44:46	00:01:11	00:00:00				Se entregará botella junto con equipo de cambio
15	Ajuste de gusano sinfín	1					19:47:40	00:02:54	00:00:00				Reparar base del gusano sinfín
16	Ajuste de barandales	1					19:48:41	00:01:01	00:00:00				Cambiar perillas de transportadores
17	Ajustes de altura de llenadora	1					19:51:19	00:02:38	00:00:00				
18	Ajustar dacoswitch	1					19:52:37	00:01:18	00:00:00				Rectificar poste y colocar perilla de ajuste
19	Probar cambio	1					19:53:46	00:01:09	00:00:00				2 personas

Forma 11.1

- Llevar a cabo un plan de cambios, contactar al personal de cambios antes de que la producción se detenga y capacitar a los operadores para realizar sus propios cambios.

4. Eliminar desperdicio de las actividades internas

- Utilizar herramientas de acción rápida para reducir el cambio de partes.
- Reducir la necesidad de ir a cada extremo de la máquina mediante el trabajo en equipo.
- Diseñar partes estándar para eliminar cambios de partes.
- Reubicar partes y materiales para reducir actividades como caminar o buscar.

Métodos tradicionales en este paso

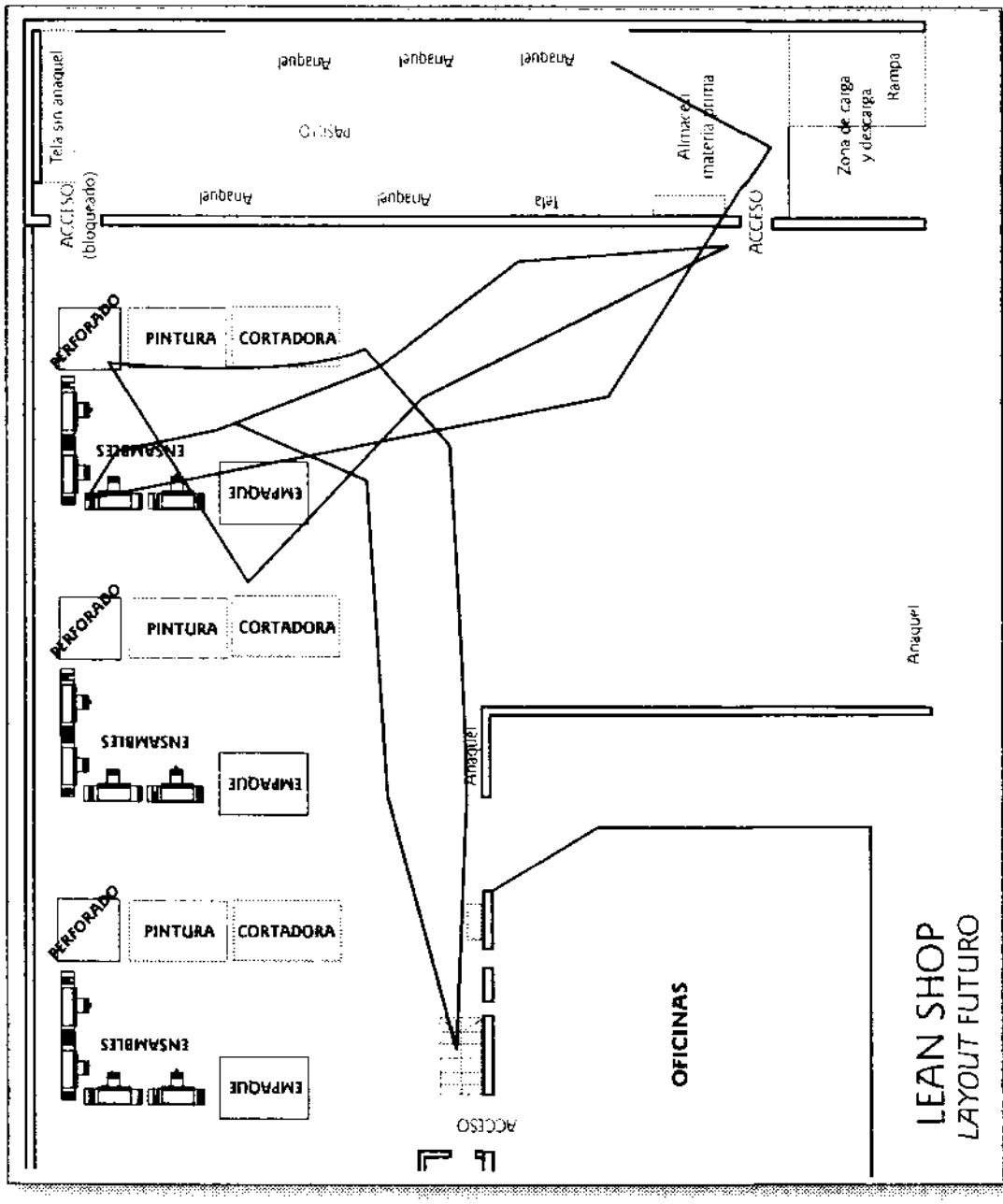
- Uso de rondanas y tuercas.
- Uso de herramientas manuales (llaves, desarmador, etcétera).
- Uso de tornillos largos.
- Ajuste manual del centro.
- Ajuste manual de posicionamiento frente atrás.
- Ajustes manuales.
- Ajustes manuales de temperatura y velocidad (usando prueba y error).
- Reseteo manual de botones para equipo automatizado.

Métodos propuestos para este paso

- Usar menos tornillos y tuercas.
- Usar herramientas neumáticas.
- Usar tuercas de una sola vuelta.
- Usar pines y guías para centrar.
- Usar topes para asegurar posición.
- Usar tiras con medidas para medir posicionamientos.

- Establecer temperatura y velocidad a un estándar predeterminado.
- Mover los controles cerca de los operadores para restablecer instantáneamente.

Es muy importante documentar el recorrido durante el cambio para determinar el efecto de las propuestas. Para ello es conveniente realizar un diagrama *spaghetti*:



5. Eliminar desperdicio de las actividades externas

- Reducir el papeleo para eliminar desperdicio en actividades externas.
- Reubicar almacenaje para reducir el tiempo de traslado y movimientos.
- Utilizar listas de verificación para mejorar la eficiencia y la precisión.

Situación actual

- Se guardan herramientas en un área central de almacenamiento.
- Se buscan los materiales necesarios para hacer un cambio.
- Se hacen actividades sin coordinación antes de que se lleve a cabo el cambio.

Situación sugerida

- Guardar herramientas en un área local cerca del equipo en el que se van a utilizar, acomodadas en el orden en que se van a utilizar.
- Asegurar que se proporcionen los materiales adecuados en todas las áreas de la planta.
- Usar una lista de verificación para tener una preparación estandarizada.

Eliminación de desperdicio de las actividades externas.

6. Estandarizar y mantener el nuevo procedimiento

En la última etapa de la mejora se debe establecer un procedimiento o instructivo muy claro y sencillo para realizar el cambio, así como una lista de verificación para asegurar que los logros obtenidos en la aplicación de la metodología se mantengan consistentemente.

- Documentar los procedimientos de cambio mejorados.
- Mantener comunicación con todos los involucrados.

- Capacitar a las personas involucradas en el cambio.
- Poner instrucciones de trabajo estandarizado en los lugares de trabajo.
- Establecer una meta para los cambios.
- Medir, publicar y rastrear los tiempos de cambio.

Herramientas y conceptos útiles para la aplicación

1. Las 5's son una herramienta esencial para facilitar las actividades de mejora en un cambio de producto.
2. Analice a fondo los elementos de sujeción y trate de estandarizar tornillos, tuercas y rondanas.
3. Estudie el uso de las herramientas y estandarícelo.
4. Recuerde que en la sujeción por medio de tornillos lo importante no es el número de vueltas, ya que el apriete radica sólo en la última vuelta del tornillo. Por ello, procure tener tornillos del largo estrictamente necesario.
5. En la medida de lo posible, cambie tuercas por *clamps* o abrazaderas para permitir sujeciones inmediatas.
6. Utilice guías y aditamentos (*mixtures*) tanto como sea posible.
7. Estandarice todas las actividades y documéntelas en hojas de verificación.
8. Utilice conectores fáciles y rápidos tanto como sea posible.
9. Utilice códigos de colores para distinguir elementos de cambio y lograr rápidos acoples o búsquedas.
10. Organice las herramientas en el orden en que se van a utilizar y manténgalas cerca.

Archivos y formas aplicables

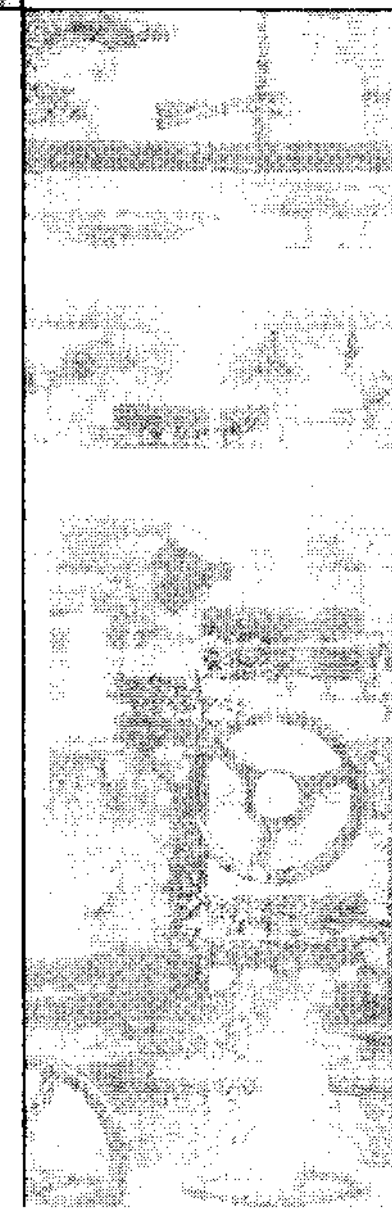
Forma 11.1, "Análisis SMED para reducción de tiempos de cambio".
Forma 11.2, "Hoja de planeación para implementación de mejoras".

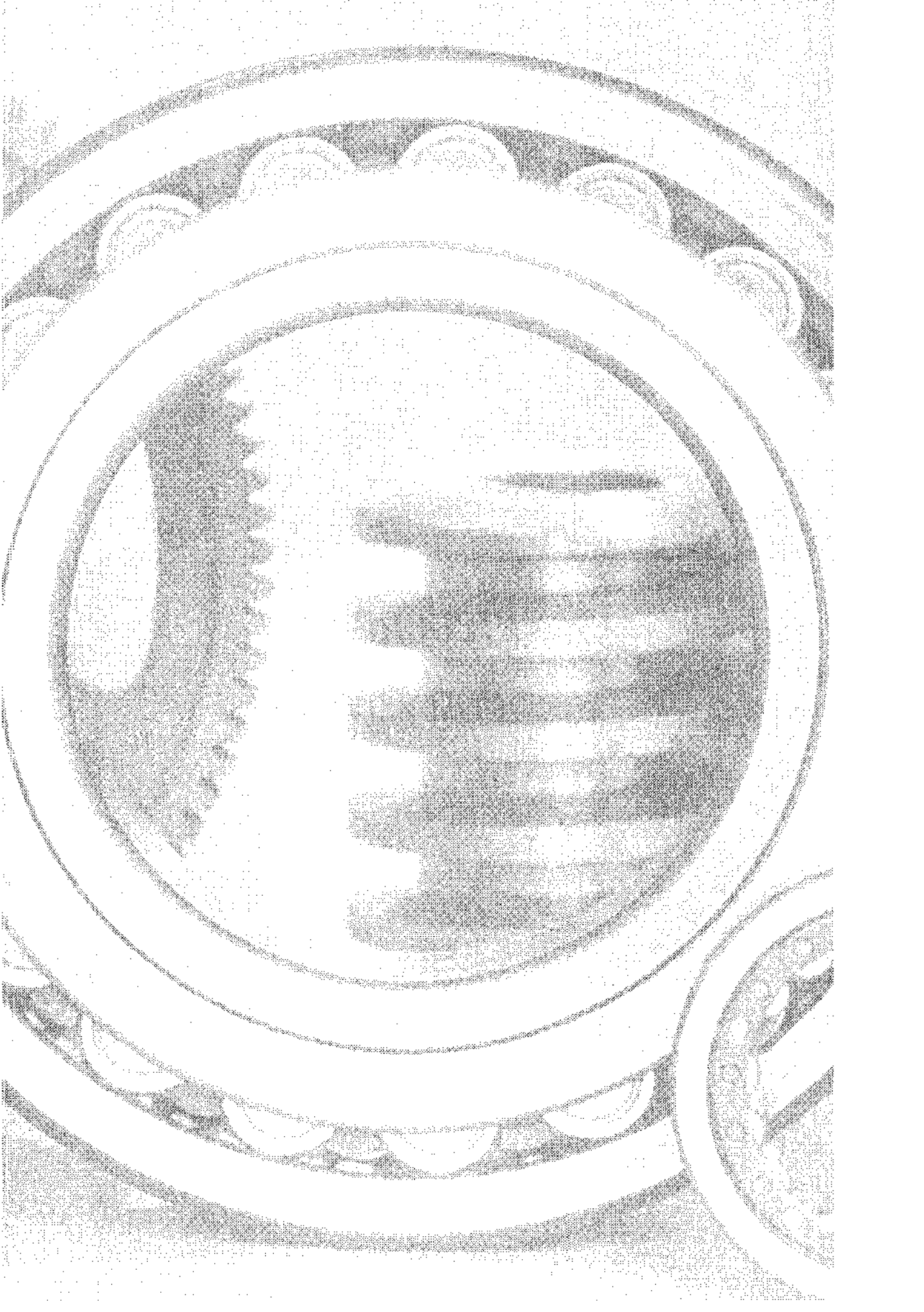
Parte VI

Herramientas para mejorar la calidad

12

Prevención con AMEF



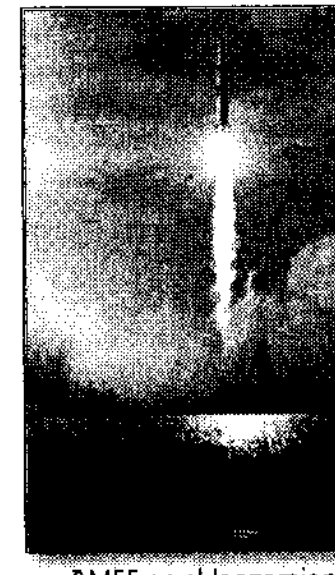


Antecedentes

El análisis del modo y efecto de fallas (AMEF) fue desarrollado en el ejército de Estados Unidos por los ingenieros de la National Aeronautics and Space Administration (NASA); se conocía como el procedimiento militar MIL-P-1629, titulado "Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de Criticabilidad", y fue elaborado el 9 de noviembre de 1949.

El análisis del modo y efecto de fallas se empleaba para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas en el éxito de una misión y en la seguridad del personal o de los equipos.

Se empezó a utilizar en la industria aeroespacial a mediados de la década de 1960 con el Programa Apollo.



AMEF en el lanzamiento de un cohete espacial.

Definición

El AMEF es una herramienta muy poderosa que permite identificar fallas en productos y procesos y evaluar objetivamente sus efectos, causas y elementos de detección para evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.

Además, el AMEF es un documento vivo en el que podemos almacenar una gran cantidad de datos sobre nuestros procesos y productos, por lo que constituye una fuente invaluable de información.

Tipos de AMEF

- Producto: Sirve para detectar posibles fallas en el diseño de productos y anticiparse al efecto que puedan tener en el usuario o proceso de fabricación.

- Proceso: Es un análisis de las fallas que pueden suceder en cada etapa del proceso y se utiliza para prevenir que esas fallas tengan efectos negativos en el usuario del producto o servicio o en etapas posteriores del proceso.
- Sistemas: Se utiliza en el diseño del software para anticipar fallas en su funcionamiento.
- Varios: Existen AMEF para muchos otros tipos de fallas que generen efectos negativos y cuyas causas deban documentarse para anticipar problemas.

¿Para qué se implementa el AMEF?

Este método estructurado de prevención nos sirve básicamente para:

- Conocer a fondo un proceso.
- Incluir la información como base de la capacitación en operaciones.
- Identificar las posibles fallas en un proceso o producto.
- Establecer los efectos de cada falla que pudiera suceder.
- Evaluar el nivel de gravedad de los efectos.
- Identificar las posibles causas de las fallas.
- Establecer el nivel de confiabilidad de nuestros mecanismos de detección de fallas.
- Evaluar objetivamente la relación de gravedad, ocurrencia y detectabilidad.
- Documentar acciones para reducir riesgos.
- Entender la mecánica que crea los defectos y las fallas.
- Almacenar el conocimiento generado en una empresa.
- Detectar oportunidades para iniciar proyectos de mejora.

¿Cuándo se utiliza el AMEF?

- Al diseñar productos o servicios.
- Al diseñar procesos.
- Cuando queremos evitar que sucedan problemas o fallas.

- Cuando queremos documentar los procesos y productos.
- Cuando es necesario capacitar a los operadores en un proceso.
- Cuando lo requiere el cliente.

En el capítulo 3, "Diagnóstico e implementación", se mencionó que el mecanismo de acción preventiva se utiliza cuando queremos prevenir la generación de problemas. Por ello, en la siguiente figura observamos que, al utilizar indicadores clave, podemos evitar la ocurrencia de fallas mediante un mecanismo de acción preventiva, como AMEF.

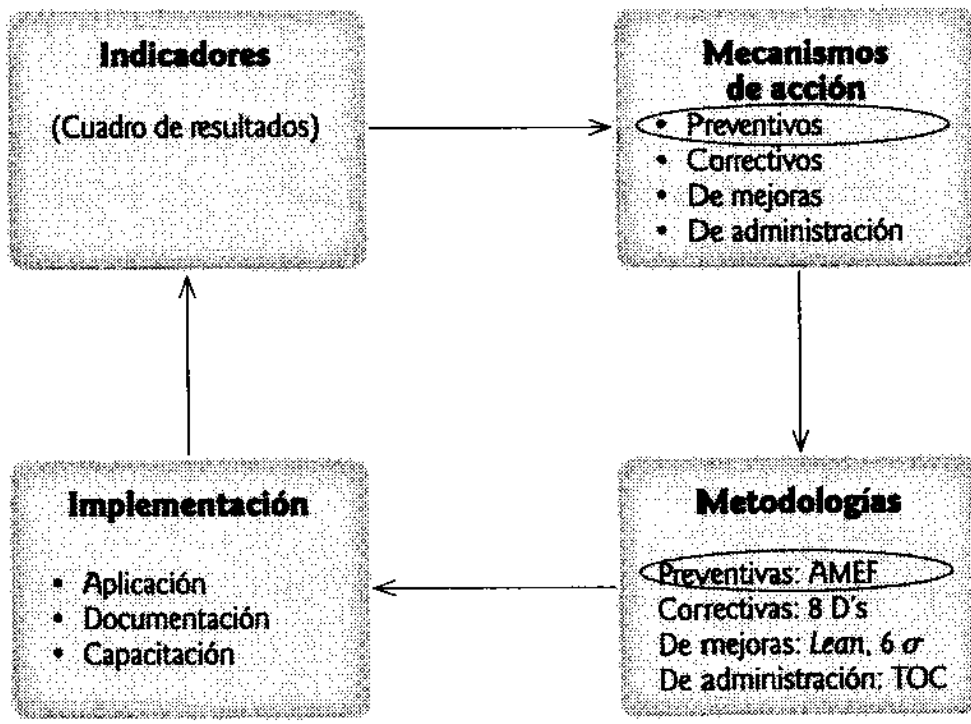


Figura 12.1

Es importante observar que cuando se completa el ciclo, con la implementación, documentación y capacitación, también se está contribuyendo a la generación de conocimiento de la compañía, por lo que será muy valioso que toda esta información esté disponible en bases de datos para poder consultarla posteriormente cuando algún problema similar vuelva a suceder. También será útil observar de nuevo los indicadores para analizar el grado de contribución en los resultados de la compañía.

¿Cuánto tiempo toma implementar el AMEF?

De uno a cuatro días en una fase inicial. Al ser un documento vivo, nunca se termina ya que siempre existe el aprendizaje y continuamente se puede estar alimentando.

Procedimiento para llevar a cabo el AMEF de proceso

- Desarrollar el mapa del proceso.
- Formar un equipo de trabajo y documentar el proceso, el producto, etcétera.
- Determinar los pasos críticos del proceso.
- Determinar las fallas potenciales de cada paso, definir los efectos de las fallas y evaluar su nivel de severidad.
- Indicar las causas de cada falla y evaluar la ocurrencia de las fallas.
- Indicar los controles que se tienen para detectar fallas y evaluarlas.
- Obtener el número de prioridad para cada falla y tomar decisiones.
- Emprender acciones preventivas, correctivas o de mejora.

Para documentar el AMEF de proceso, utilice la forma 12.1 del archivo 12AMEF.xls.

Desarrollar el mapa del proceso

En este paso se describe cada etapa del proceso y se establece su secuencia para ingresar esa información al formato del AMEF.

Formar un equipo de trabajo y documentar el proceso, el producto, etcétera

- Se forma un equipo de cuatro o cinco personas.
- El equipo debe tener conocimientos del producto y proceso involucrados.
- Los integrantes deben tener habilidades para trabajar en equipo.
- Se incluye a los operadores.

Roles de los miembros del equipo

Líder

- Es el representante del equipo.
- Dirige el uso de la metodología.
- Coordina las reuniones.
- Orienta el trabajo del equipo.
- Sintetiza decisiones y acciones acordadas.
- Documenta resultados.

Integrantes

- Aportan conocimientos y habilidades.

En el encabezado de la forma 12.1 (figura 12.2) se documenta el número de parte que se fabrica en el proceso, la descripción del artículo o parte, el nombre de la compañía y la división (opcional). También se especifica si pertenece a algún proyecto, se escribe el nombre del proceso por analizar y se especifican fechas y responsables de llevarlo a cabo.

Determinar los pasos críticos del proceso

En este paso se recomienda iniciar el AMEF desde el análisis de fallas que pudieran ocurrir en elementos críticos del proceso; es decir, de posibles fallas que afecten gravemente la salud de clientes o empleados, que pongan en alto riesgo la calidad de los productos o que puedan detener la operación. Para ello se aprovecha generalmente la experiencia de quienes conocen bien el proceso y los riesgos de cometer fallas.

No. de parte:	1231-C	**Fecha de última revisión:**	11-nov-06
Artículo:	Tablero *andon* para control del tiempo *takt*		
Compañía:	Lean Shop Inc.	**División:**	Hardware
Proyecto:		**Preparado por:**	Luis Socconini
Proceso:	Fabricación de tableros *takt*		

Figura 12.2

Para este ejemplo se eligieron las operaciones de corte y pintura (figura 12.3).

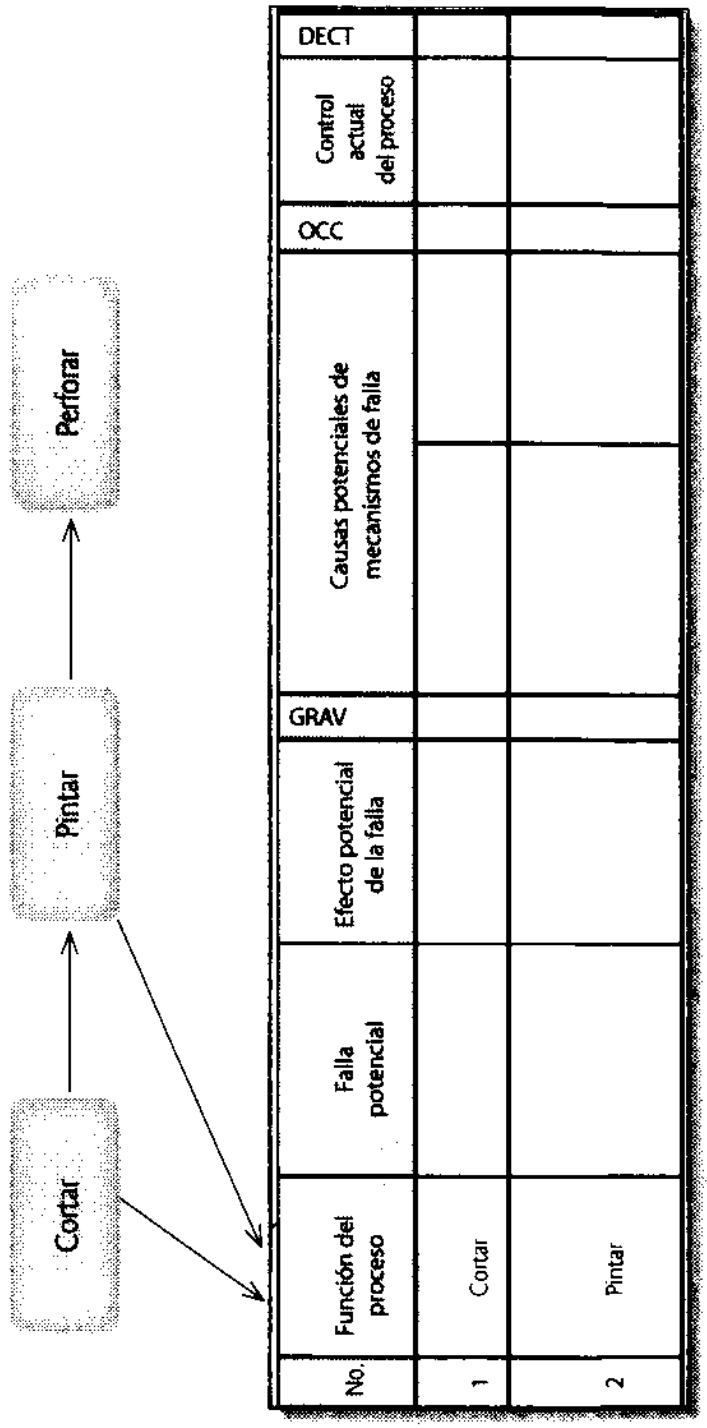


Figura 12.3

En la primera y la segunda columnas de la forma 12.1 del archivo 12AMEF.xls se escriben la secuencia y la función del proceso.

Nota: Aunque se inicia con las operaciones críticas, en este caso Cortar y Pintar, se deben documentar las fallas de todas las etapas del proceso.

Determinar las fallas potenciales de cada paso, definir los efectos de las fallas y evaluar su gravedad

Para cada etapa del proceso se deben identificar todas las fallas que pudieran ocurrir o que hayan ocurrido con anterioridad, así como describir los efectos que éstas tendrían en términos de seguridad.

No	Función del proceso	falla potencial	Efecto potencial de la falla	GRAV
1	Cortar	Cortar de más	No se podrá armar el gabinete	8
2	Cortar	Cortar con el dado equivocado	Protuberancias leves en los bordes del tablero	4
3	Pintar	Utilizar color equivocado	Producto fuera de especificaciones	8

Calificación	Gravedad
1	**Menor:** El cliente no lo nota
2	**Baja:** Ligera incomodidad del cliente Probablemente note un pequeño deterioro
3	
4	**Media:** Cierto grado de insatisfacción del cliente, que nota un deterioro en el desempeño del producto
5	
6	
7	**Alta:** Alto grado de insatisfacción del cliente El producto es inoperable
8	
9	**Muy alta:** Cliente molesto El producto es inseguro
10	

Figura 12.4

También se debe evaluar la gravedad del efecto de la falla. Consulte la tabla de gravedad y escriba el nivel en la columna "Gravedad" (figura 12.4).

Indicar las causas de cada falla y evaluar la ocurrencia de las fallas

No.	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	GRAV	Causas potenciales de mecanismos de falla	OCC
1	Cortar	Cortar de más	No se podrá armar el gabinete	8	Descuido del operador, falta de capacitación	4
1	Cortar	Cortar con el dado equivocado	Protuberancias leves en los bordes del tablero	4	Falta de orden y estandarización	6
2	Pintar	Utilizar color equivocado	Producto fuera de especificaciones	8	Descuido del operador, falta de capacitación	4

Figura 12.5

Falla potencial	Efecto potencial de la falla	GRAV	Causas potenciales de mecanismos de falla	OCC	Control actual del proceso	DECT
Cortar de más	No se podrá armar el gabinete	8	Descuido del operador, falta de capacitación	4	Inspección final	4
Cortar con el dado equivocado	Protuberancias leves en los bordes del tablero	4	Falta de orden y estandarización	6	Experiencia del operador	6
Utilizar color equivocado	Protuberancias fuera de especificaciones	8	Descuido del operador, falta de capacitación	4	Revisar con pantone de colores	2

Calificación	Criterio
1	**Muy alta:** probabilidad de detectar el defecto siempre.
2	
3	**Alta:** probabilidad de detectar el defecto casi siempre
4	
5	**Moderada:** se puede detectar el defecto
6	
7	**Baja:** probablemente no se detecte el defecto.
8	
9	
10	No se puede detectar el defector.

Figura 12.6

Con RPN superiores a 30 e inferiores a 100 debe considerarse una segunda prioridad de atención.

Aunque el RPN es el valor que nos indica el nivel de prioridad, es muy importante considerar también dentro de las prioridades las fallas de alta gravedad.

Emprender acciones preventivas, correctivas o de mejora

Para reducir las fallas, debemos decidir si tomaremos acciones de prevención, corrección o mejora. Esta información se captura en el recuadro "Acciones recomendadas" de la forma 12.1 (figura 12.7).

Al buscar las causas de las fallas, se debe ir a la raíz de los problemas. Es muy común escribir sólo síntomas, por lo que es necesario preguntarse varias veces "¿Por qué?" para entender la mecánica que crea las fallas. Para evaluar la ocurrencia, se utiliza la tabla de ocurrencias.

Calificación	Ocurrencia (ppm)
1	X < 1 ppm
2	1 < X < 250
3	
4	250 < X < 12,500
5	
6	
7	12,500 < X < 50,000
8	
9	50,000 < X
10	

La ocurrencia es un valor numérico de la frecuencia con que puede ocurrir la falla como resultado de la causa específica. Cada causa tiene un valor de ocurrencia del 1 al 10, como se muestra en la tabla.

Cuando un proceso está en control estadístico, la capacidad del proceso se puede usar como una indicación si el índice es representativo de la causa.

Indicar los controles que se tienen para detectar fallas y evaluarlas

En el recuadro "Control actual del proceso" de la forma 12.1 (figura 12.6) se describe el tipo de control que se tiene para detectar la falla, y en el siguiente casillero se califica su efectividad.

La detección es un valor numérico que indica la posibilidad de detectar la falla. Este factor se califica en una escala del 1 al 10. Entre más grande es la probabilidad de no detectar la falla con los controles, mayor es el valor de la detección.

Obtener el número de prioridad para cada falla y tomar decisiones

El número de riesgo potencial es el producto de la multiplicación de gravedad × ocurrencia × detectabilidad, y es un número entre 1 y 100 que nos indica la prioridad que el equipo de mejora y prevención debe dar a cada falla para eliminarla. Con RPN (*Risk Priority Number*) superiores a 100 deben emprenderse acciones de prevención o corrección para evitar que ocurran las fallas.

Causas potenciales de mecanismos de falla	OCC	Control actual del proceso	DECT	RPN	Acciones recomendadas (requerido si RPN>30)	Responsabilidad y fecha de terminación	Acciones tomadas desde esa fecha	GRAV	OCC	DECT	RPN
Descuido del operador, falta de capacitación	4	Inspección final	4		Cambio de filtro y examen de agua periódicamente	J.P (10/10/05)	Se integró punto de reorden min. X max.	5	3	8	120
Falta de orden y estandarización	6	Experiencia del operador	6		Programa de capacitación	L.S.					
Descuido del operador, falta de capacitación	4	Revisar con pantone de colores	2	64	Revisar periódicamente fecha de caducidad y lote	J.P (10/10/05)	Se pide al proveedor plan de sustitución en cada fecha de caducidad	7	1	10	70

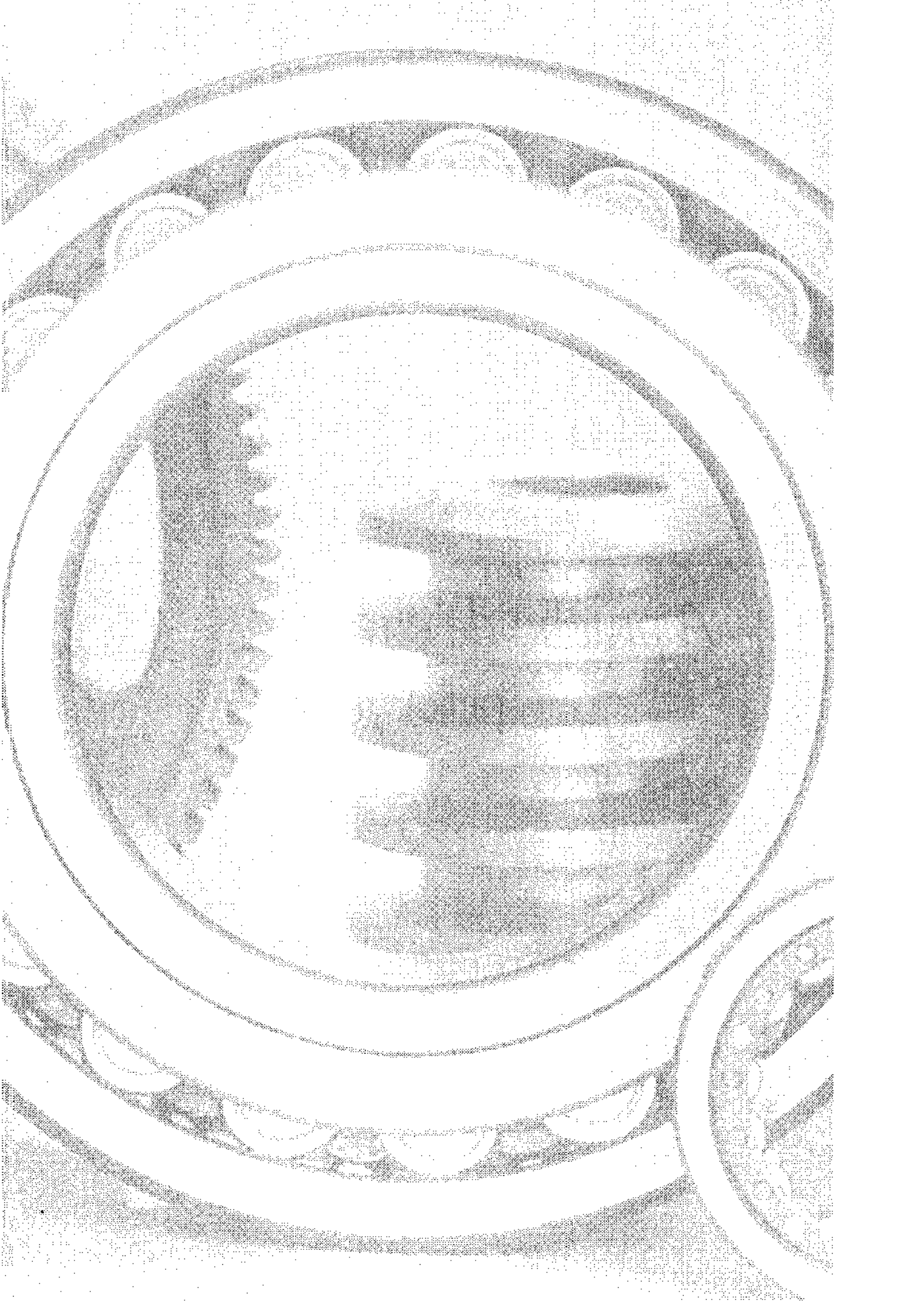
Figura 12.7

Las acciones recomendadas se describen asignando responsables y fechas de cumplimiento y, sobre todo, se les da seguimiento

hasta cumplirlas. Finalmente se vuelve a hacer una evaluación para establecer el nuevo RPN y determinar si se seguirán tomando acciones o simplemente se documentan las mejoras.

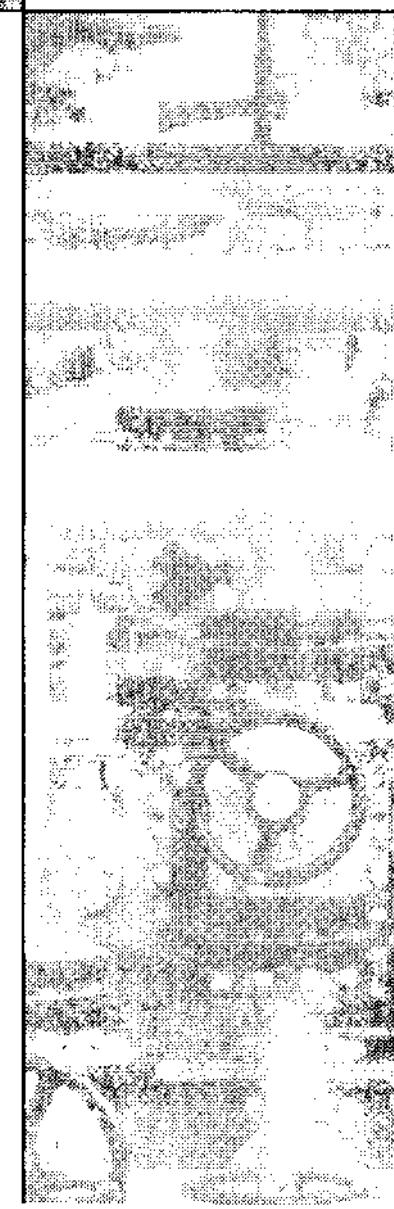
Archivos y formas aplicables

12AMEF.xls.



13

A prueba de errores
poka yoke



Antecedentes

En la década de 1960 el ingeniero japonés Shigeo Shingo creó esta técnica de aseguramiento de la calidad, pues para él era casi imprescindible el uso de métodos estadísticos para la mejora de la calidad, pero se percató de que por más rigurosas que fueran las inspecciones, nunca se alcanzaría la meta de cero defectos.

Cuando se dio cuenta de que gran parte de los defectos se generaban por errores humanos, pensó que la mejor manera de asegurar la calidad era creándola desde las operaciones que transforman los productos, probando cada producto mediante elementos que detectaran el error antes de que ocurriera el defecto y de esa manera crear procesos de calidad en lugar de simplemente detectar defectos de manera reactiva.

La calidad tradicional establece que, para asegurar que un producto tenga la calidad que desea el cliente, dicho producto tiene que revisarse utilizando métodos estadísticos para garantizar con cierto nivel de confianza que se cumplan las especificaciones. Sin embargo, esto no necesariamente se realiza, pues al revisar sólo una muestra, no siempre se detectan los defectos ya que éstos pueden ocurrir aislados o en serie y de esa manera sólo podemos encontrar una proporción en una muestra que representa la población.

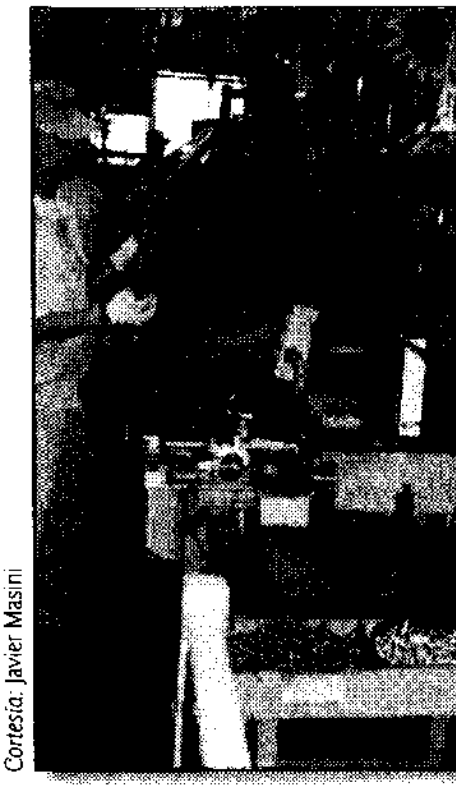
La calidad tradicional también busca que exista retroalimentación oportuna para determinar la naturaleza y las causas de los defectos, pero en la realidad no siempre existe esa información que permita tomar decisiones en el corto plazo, sino hasta mucho tiempo después, cuando ya no hay nada que hacer más que corregir un problema.

Definición

Los dispositivos *poka yoke* son métodos que evitan los errores humanos en los procesos antes de que se conviertan en defectos, y permiten que los operadores se concentren en sus actividades.

Los sistemas *poka yoke* permiten realizar la inspección al 100% y, por ende, tomar acciones inmediatas cuando se presentan defectos.

- Fuera de especificación.
- Obsoletos.


Cortesía: Javier Masini

Mano de obra

- Mala capacitación.
- Errores inadvertidos.
- Equivocaciones.
- Descuido.
- Mala operación de los equipos.

Métodos

- Incompletos.
- Poco comprensibles o complejos.
- Obsoletos.
- Falta de documentación.

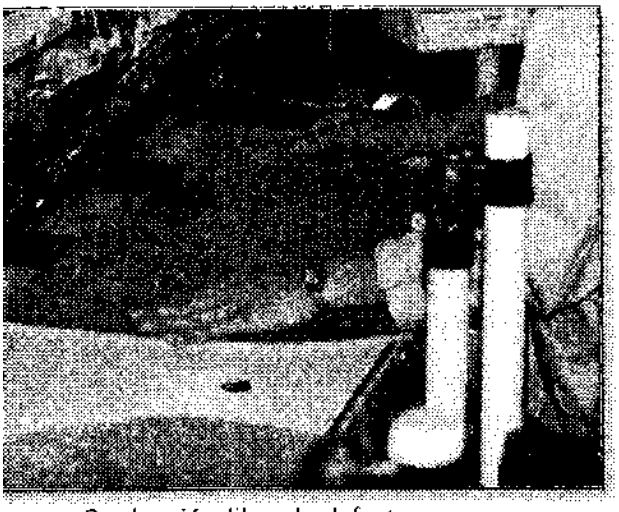
Maquinaria

- Mantenimiento inadecuado.
- Malos ajustes.
- Cambios deficientes.
- Suciedad y contaminantes hacia los productos.
- Instalaciones inadecuadas.

Niveles de evolución de los sistemas de aseguramiento de la calidad

Nivel 0. Con frecuencia la planta envía productos defectuosos al cliente. En este nivel los clientes están inconformes con el servicio y se quejan constantemente de la calidad de los productos.

Nivel 1. La planta utiliza muchos inspectores para encontrar un gran número de defectos, con lo cual se da cuenta que sus procesos no son adecuados y que, aun cuando no envía productos defectuosos, el costo de la no calidad es muy alto.


Producción libre de defectos.

En la aplicación de *Lean Manufacturing*, una regla muy importante es que ninguna operación mande productos defectuosos a la siguiente operación porque se interrumpe el flujo continuo y se inicia la generación de excesos o *mudas*.

Traducción del japonés

Poka = errores inadvertidos.
Yokeru = evitar.

¿Para qué se implementa *poka yoke*?

Las siguientes son algunas de las utilidades de implementar *poka yoke*:

- Asegura la calidad en cada puesto de trabajo.
- Proporciona a los operadores conocimiento sobre las operaciones.
- Elimina o reduce la posibilidad de cometer errores.
- Evita accidentes causados por distracción humana.
- Elimina acciones que dependen de la memoria y la inspección.
- Libera la mente del trabajador y le permite desarrollar su creatividad.
- Generalmente los sistemas *poka yoke* son baratos y sencillos.

Fuentes de los defectos

Materiales

- Dañados.
- Equivocados.

Nivel 2. La planta ha reducido ampliamente los defectos utilizando control estadístico de procesos, pero aunque conoce la capacidad de los procesos y participan muchos inspectores en el aseguramiento de la calidad, el costo de estos sistemas es alto y la inspección detecta problemas generalmente cuando los productos han sido terminados.

Nivel 3. La capacitación a operadores y líderes de proceso facilita la detección de defectos y se busca la eliminación de éstos haciendo participar a los operadores como auditores del proceso anterior antes de realizar su operación. Esto se lleva a cabo utilizando mecanismos a prueba de fallas que no permiten que los operadores cometan errores.

¿Cuándo se utiliza *poka yoke*?

Poka yoke se utiliza:

- Cuando tenemos procesos que continuamente están generando defectos o son inseguros y pueden causar daños o accidentes a los operadores.
- Cuando en los análisis del modo y efecto de fallas tenemos fallas con una gravedad alta que puede provocar accidentes o defectos en requerimientos críticos del cliente.
- Cuando existen controles de proceso que no tienen un buen nivel de detectabilidad de defectos.
- Cuando la ocurrencia de los defectos, fallas o accidentes obliga al establecimiento de mecanismos a prueba de errores.
- Cuando el cliente solicita que se implementen mecanismos *poka yoke* para producir sus productos.

Categorías de los elementos *poka yoke*

1. ***Poka yoke* de advertencia**
   El elemento de advertencia avisa al operador o usuario antes de que ocurra el error. Sin embargo, el hecho de que

el mecanismo lo advierta no necesariamente significa que se evitará el error.

2. ***Poka yoke* de prevención**
   Con este tipo de elemento se busca que no haya errores utilizando mecanismos que hagan imposible cometerlos.

   Un ejemplo típico de este tipo de *poka yoke* es la muesca que tienen los discos de computadora para evitar introducirlos en el sentido opuesto.

Niveles de *poka yoke*

Nivel 1. Detecta el defecto cuando ya ha ocurrido, pero generalmente se asegura de que no llegue a la siguiente estación.

Nivel 2. Detecta el error en el momento en que surge y antes de que se convierta en un defecto.

Nivel 3. Elimina o impide la generación de errores antes de que éstos ocurran y generen defectos.

Clasificación de mecanismos *poka yoke*

Richard Chase y Douglas Stewart han definido básicamente cuatro tipos de *poka yokes:*

- *Poka yokes* físicos.
- *Poka yokes* secuenciales.
- *Poka yokes* de agrupamiento.
- *Poka yokes* de información.

Poka yokes *físicos*

Este tipo de dispositivos, orientados a asegurar la prevención de errores en productos y/o procesos, sirve para identificar los errores o inconsistencias físicas.

Poka yokes *secuenciales*

Cuando el orden es importante, cualquier cambio u omisión en el mismo puede resultar en errores, por lo que se buscan maneras

concretas para restringir la secuencia de manera que sólo se pueda seguir un orden predeterminado.

Poka yokes *de agrupamiento*

En este tipo de dispositivos se utilizan *kits* o el método de los sobrantes. En los *kits* se preparan los elementos como materiales, piezas, etc., de tal manera que se tengan todos listos y no falte ninguno al realizar la operación.

Poka yokes *de información*

Estos sistemas retroalimentan a la persona con información clara, sencilla y completa de lo que es necesario para evitar errores.

Ejemplos de dispositivos *poka yoke*

Varilla o perno guía.
Plantilla.
Microswitch/switch límite.
Contador.
Método de sobrantes/excedente.
Restricción de secuencia.
Estandarización y solución.
Indicador de condición crítica.
Deslizador de detección y entrega.
Tope/compuerta.
Sensor.
Código de colores.

¿Cuánto tiempo toma implementar *poka yoke*?

Un evento de mejora de *poka yoke* dura de cuatro a ocho días.

Procedimiento para implementar *poka yoke*

Antes de realizar el evento *kaizen* (una o dos semanas antes)

Se debe planear el evento con base en el problema o sistema que se quiere mejorar.

- Utilizar el análisis del modo y efecto de fallas del proceso (vea el capítulo 12).
- Identificar el RPN (*Risk Priority Number*) más alto o de mayor importancia.
- Identificar procesos y/u operaciones con fallas de mayor gravedad.
- Establecer el alcance del proyecto.
- Elegir al líder del equipo.
- Identificar a los miembros del equipo.
  - Cuatro o cinco personas con conocimientos del producto, proceso y control.
  - Invitar por lo menos a dos operadores.
- Establecer la fecha del evento.

Durante el evento *kaizen* (cuatro a ocho días)

- Identificar las etapas del proceso.
- Identificar el tipo de elementos *poka yoke* que se van a utilizar de acuerdo con la falla.
- Caracterizar las entradas y salidas.

Identificar las etapas del proceso

Ejemplo

Se identifican las etapas paso a paso de cada proceso para conocer la secuencia de operación. Para este paso es necesario acudir al sitio del proceso y observar detenidamente cada operación para entender la mecánica específica de movimientos, actividades, medio ambiente y traslados, así como la ubicación de las piezas antes y después de ser procesadas,

Implementación de *poka yoke* en una planta de producción.

los medios de transporte, el nivel de atención de los trabajadores, las ayudas visuales, etc. El propósito es sensibilizarse y obtener un entendimiento completo. También es necesario intercambiar opiniones y experiencias con las personas que ahí laboran.

Identificar el tipo de elementos poka yoke *que se van a utilizar de acuerdo con la falla*

En general, cuando establecemos controles o mecanismo a prueba de errores en las entradas críticas de los procesos, estamos aplicando mecanismos preventivos, y cuando los establecemos en las salidas, estamos aplicando mecanismos reactivos.

Una buena fuente de información para identificar etapas de un proceso en el que sea necesario aplicar un mecanismo *poka yoke* puede ser un análisis del modo y efecto de fallas. Para todas las fallas potenciales cuyo nivel de detectabilidad es bajo y cuyo RPN es alto, podemos implementar un mecanismo que impida totalmente la ocurrencia del error.

Caracterizar las entradas y salidas

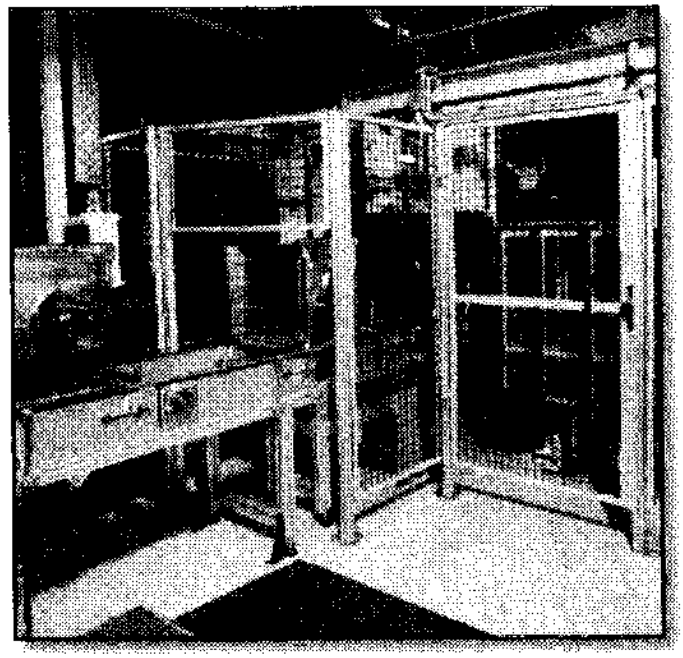
El objetivo de identificar las entradas y salidas de cada operación es entender todo lo que puede afectar la operación y convertirse en fallas, errores y, por ende, en defectos.

Después del evento *kaizen*

- Dar seguimiento a la efectividad del evento, analizando ocurrencia y detectabilidad en el análisis del modo y efecto de fallas.

Principios básicos

- Los errores son inevitables, los defectos no.
- Hay que detectar el error antes de que se convierta en defecto.
- La mejor herramienta para prevenir el defecto es aquella que aísla la fuente del problema.



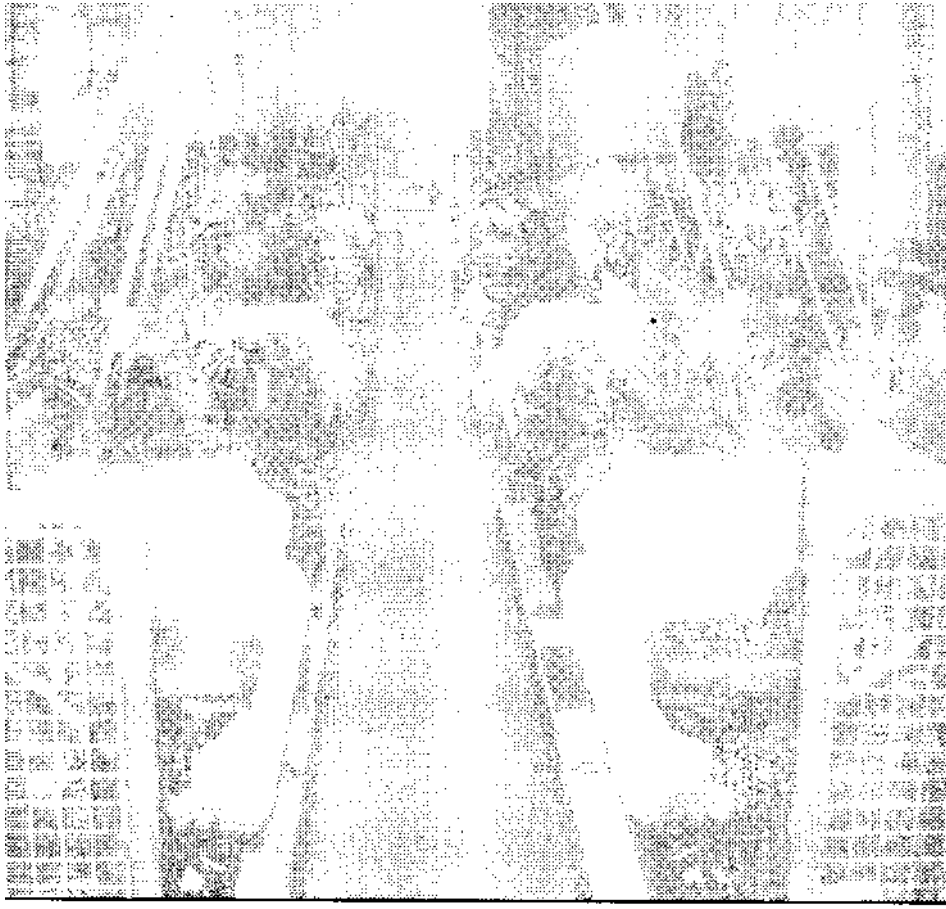
Cortesía: Bosch Automation

Archivos y formas aplicables

Tarjetas de oportunidad.

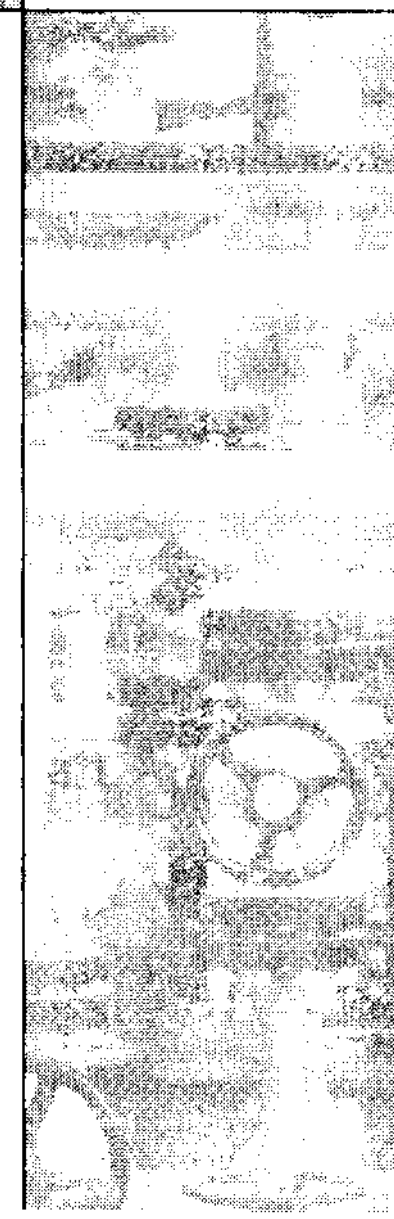
Referencias bibliográficas

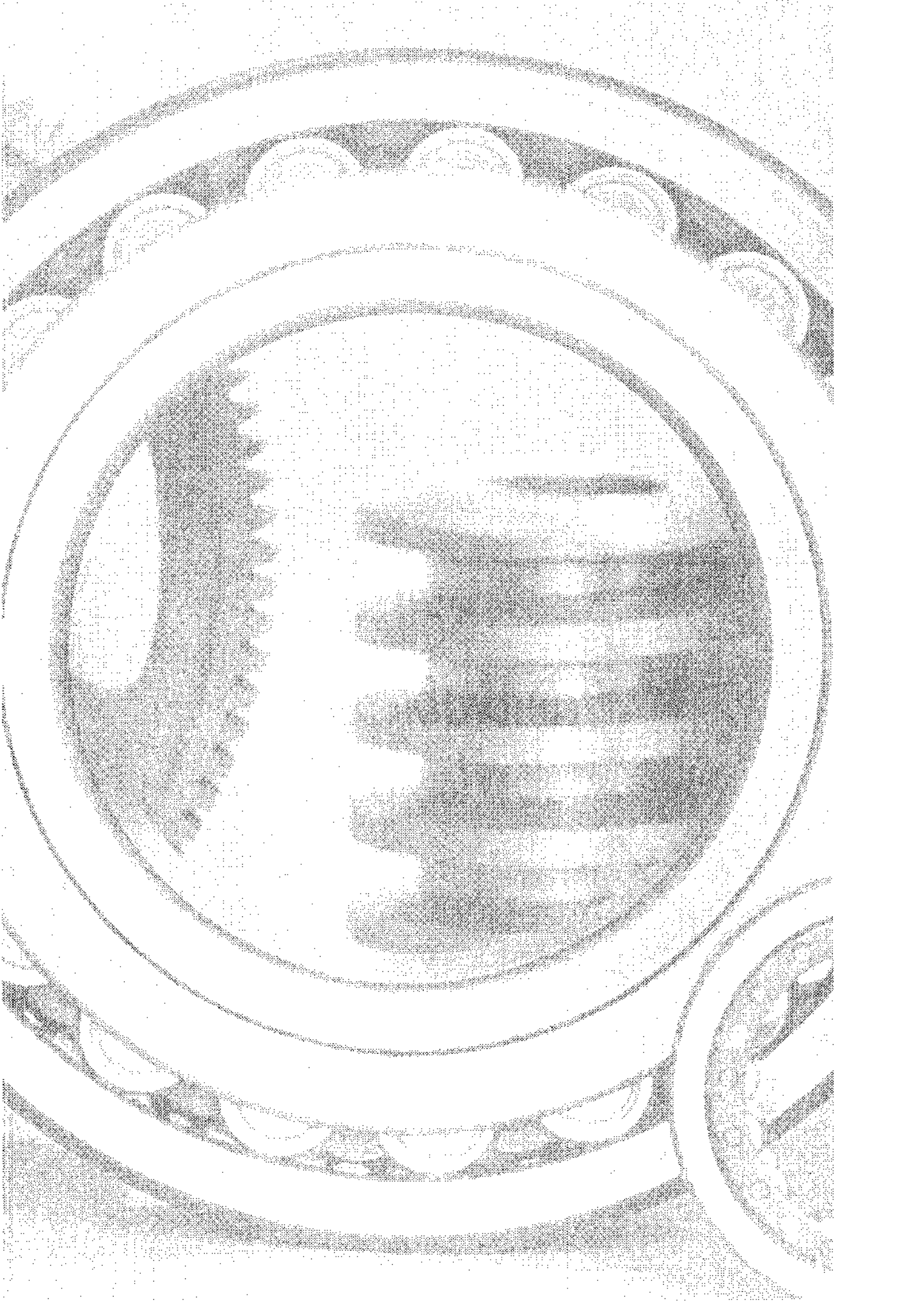
Zero Quality Control, Shigeo Shingo.



14

Solución de problemas con las 8 D's





Antecedentes

Ford Motor Company ha combinado varios métodos y herramientas para la solución de problemas, entre los cuales destaca TOPS (*Team Oriented Problem Solving*), que es la base fundamental de las 8 D's (8 disciplinas). Los informes de acciones correctivas para los proveedores de Ford requieren la documentación de las 8 D's.

Esta metodología, además de ser utilizada por la industria automotriz, se emplea en un gran número de empresas de diversas industrias y se ha colocado como una de las formas documentadas más poderosas para resolver problemas.

Definición

Las 8 D's constituyen una metodología para resolver problemas de una manera sistemática y documentada mediante el registro de las acciones tomadas en una serie de 8 pasos que son desarrollados por un equipo multidisciplinario.

¿Para qué se implementan las 8 D's?

Este método estructurado de solución de problemas nos sirve básicamente para:

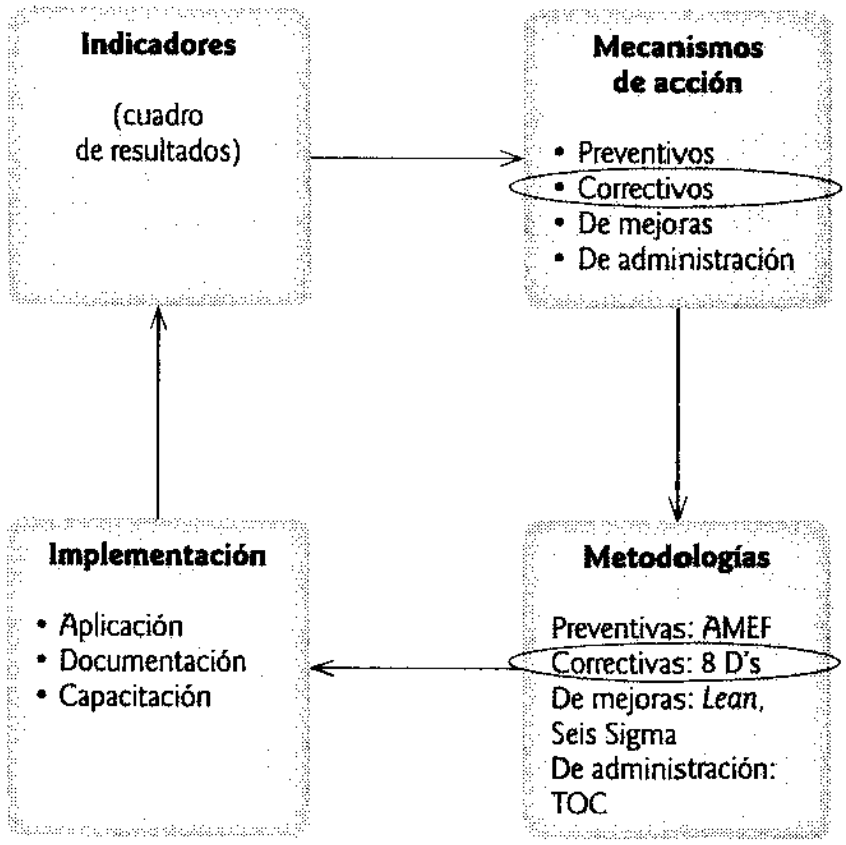
- Solucionar problemas de los cuales no conocemos la causa raíz.
- Documentar todo el proceso de la solución de problemas.
- Conocer el proceso para solucionar en equipo problemas particulares.
- Generar soluciones integrales y a largo plazo.

¿Cuándo se utilizan las 8 D's?

La 8 D's se utilizan:

- Cuando necesitamos resolver problemas que tienen su origen en el pasado y cuyas causas desconocemos.
- Cuando alguno de nuestros clientes nos exige contar con una metodología estructurada y documentada para resolver problemas.
- Cuando conocemos el síntoma y éste puede haber sido cuantificado.
- Cuando la dirección se compromete a dedicar los recursos necesarios para la solución del problema.
- Cuando la complejidad del problema requiere la habilidad de un equipo.

En el capítulo 3, "Diagnóstico e implementación", se mencionó que el mecanismo de acción correctiva se usa cuando hay una desviación en algún indicador, la cual da la señal para iniciar un proceso de solución de problemas, y para ello la herramienta adecuada podrían ser las 8 D's.



¿Cuánto tiempo toma implementar las 8 D's?

Por lo general, de uno a cuatro días, aunque en ocasiones toma más tiempo.

Procedimiento para implementar las 8 D's

1. Definir el problema.
2. Formar el equipo.
3. Describir el problema.
4. Desarrollar acciones de contención.
5. Definir la causa raíz.
6. Desarrollar acciones correctivas.
7. Desarrollar acciones preventivas.
8. Reconocer el trabajo del equipo.

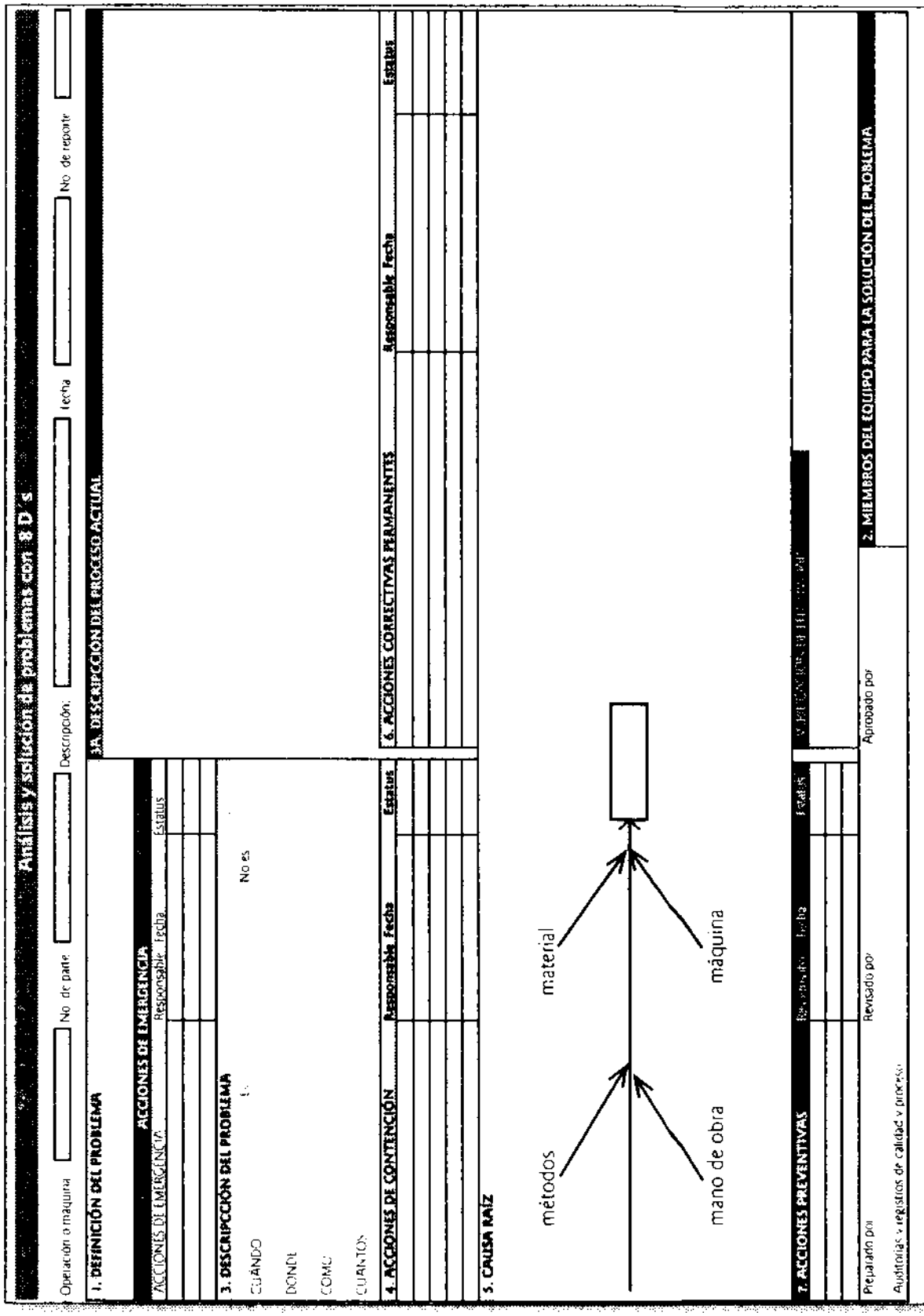
Para documentar el proceso de solución del problema utilice la forma 14.1, "Análisis y solución de problemas con 8 D's", incluida en el archivo 14 Solución de problemas.xls.

En esta forma se documenta cada paso, como se describe a continuación:

Primero se debe llenar el encabezado de la forma anotando el nombre de la operación o del equipo en donde se presentó el problema, seguido del número de la parte, la descripción de la parte, la fecha en que se inicia el proceso de solución y el número de reporte consecutivo.

Operación o máquina: [ ] Núm. de parte: [ ] Descripción: [ ] Fecha: [ ] Núm. de reporte [ ]

Es recomendable llevar un control de todos los reportes para que se puedan localizar rápidamente si se vuelven a presentar estos problemas y para tener siempre documentado el seguimiento de las acciones correctivas.


Análisis y solución de problemas con 8 D´s
Operación o máquina
No. de parte
Descripción:
Fecha
No. de reporte
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA
2A. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL
ACCIONES DE EMERGENCIA
ACCIONES DE EMERGENCIA
Responsable
Fecha
Estatus
3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA
No es
CUÁNDO
DÓNDE
CÓMO
CUÁNTOS
4. ACCIONES DE CONTENCIÓN
Responsable
Fecha
Estatus
6. ACCIONES CORRECTIVAS PERMANENTES
Responsable
Fecha
Estatus
5. CAUSA RAÍZ
material
máquina
métodos
mano de obra
7. ACCIONES PREVENTIVAS
Fecha
Estatus
Preparado por
Revisado por
Aprobado por
Auditorías y registros de calidad y proceso
2. MIEMBROS DEL EQUIPO PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Forma 14.1

Al final de la forma se especifica quién preparó el documento, quién lo revisó y la persona que aprobó la realización de las acciones.

Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:

1. Definir el problema

Para iniciar la solución del problema, primero debemos estar seguros de cuál es el problema.

La definición de un problema es simple y está compuesta de sujeto y predicado. Puede describirse fácilmente respondiendo a las preguntas:

¿Qué está mal (***defecto***)? ¿Con qué o dónde (***objeto***)?

Al definir el problema es importante tener claro que si no lo hacemos bien, sólo estaremos atacando síntomas pero no el problema en sí.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA			
ACCIONES DE EMERGENCIA			
ACCIONES DE EMERGENCIA	Responsable	Fecha	Estatus

Si es necesario realizar acciones de emergencia en este punto, se describen dichas acciones, los responsables de ejecutarlas, la fecha y el estatus de la aplicación.

2. Formar el equipo

"Trabajar en equipo asegura el éxito."

Henry Ford

- Formar un equipo de entre cuatro y cinco personas.
- Los integrantes deben tener conocimientos del producto y proceso involucrados.
- Los integrantes deben tener habilidades para solucionar problemas.
- Los integrantes deben tener habilidades para trabajar en equipo.
- Los integrantes deben tener conocimientos complementarios sobre el tema del cual se deriva el problema.
- El equipo debe decidir el tiempo y los recursos necesarios para resolver el problema.
- En el equipo debe haber personas que tengan la autoridad para tomar decisiones.
- Se deben tomar en cuenta las capacidades de comunicación y liderazgo de los miembros.

Roles de los miembros del equipo

Patrocinador

- Es el dueño del proceso.
- Tiene autoridad para hacer cambios.
- Proporciona recursos para el equipo.
- Apoya las decisiones del equipo.
- Monitorea el avance del equipo.
- Elimina interferencias.
- Asiste a las reuniones conforme se le requiera.

Líder

- Es el representante del equipo.
- Dirige el uso de la metodología.
- Coordina las reuniones.
- Orienta el trabajo del equipo.
- Sintetiza decisiones y acciones acordadas.
- Documenta resultados.

Integrantes

- Aportan conocimientos y habilidades.

- Asisten en la ejecución del evento.
- Generan ideas.
- Sugieren soluciones y las llevan a cabo.
- Se integran de principio a fin.

2. MIEMBROS DEL EQUIPO PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3. Describir el problema

En este paso se establecen los límites del problema, organizando y recolectando datos en cuatro dimensiones:

- Cuándo es el problema y cuándo no es.
- Dónde está el problema y dónde no está.
- Cómo sucede el problema y cómo no sucede.
- Cuántos problemas se están generando o cuántos no.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	Es	No es
CUÁNDO:		
DÓNDE:		
CÓMO:		
CUÁNTOS:		

Es muy conveniente hacer un repaso del proceso en el cual se están generando los problemas a fin de detectar el posible origen de las fallas. En la forma 14.1 se proporciona un espacio para este propósito.

3 A. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL

4. Desarrollar acciones de contención

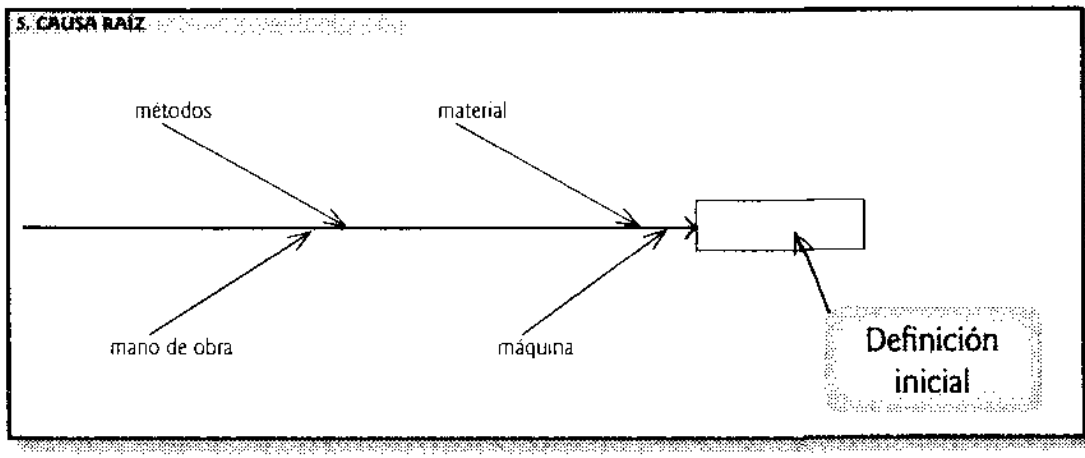
Las acciones de contención se utilizan para evitar que los efectos del problema lleguen al cliente final o al siguiente eslabón de la cadena. Se busca contener el problema desde una perspectiva de costo, calidad y tiempo, así como ganar tiempo mientras se encuentra la causa raíz del problema.

4. ACCIONES DE CONTENCIÓN	Responsable Fecha	Estatus

Las acciones de contención se documentan en esta parte de la forma, pero se debe tener en cuenta que sólo se está atacando el síntoma ya que no se conoce la causa. Asimismo, se les debe dar un seguimiento continuo para verificar su implementación y se debe recordar que son temporales y se tienen que sustituir por acciones que eliminen la causa raíz.

5. Definir la causa raíz

En esta sección se debe escribir el problema tal como se hizo en la definición inicial del mismo, y a partir de ahí hacer una lluvia de ideas para encontrar la causa raíz en las diferentes alternativas de métodos, material, mano de obra y maquinaria.



Para establecer la causa raíz, necesitamos identificar todas las causas posibles por las que apareció el problema y compararlas con la definición inicial y la descripción del problema.

Es importante preguntarnos "¿Por qué?" varias veces, hasta lograr conectar las causas y efectos de manera que podamos identificar la causa raíz del problema.

6. Desarrollar acciones correctivas

Este paso consiste en seleccionar las acciones que eliminarán definitivamente las causas raíz y verificar que realmente se tenga éxito en la solución al problema.

6. ACCIONES CORRECTIVAS PERMANENTES	Responsable Fecha	Estatus

En esta sección se describen las acciones realizadas y se verifica que funcionen y no generen efectos indeseables, se planea su aplicación asignando un responsable y anotando la fecha en que se llevarán a cabo, y se puede escribir el estatus de la implementación. Es necesario dar un seguimiento a estas acciones incluso a largo plazo para verificar su continuidad y efectividad.

VERIFICACIÓN DE EFECTIVIDAD

7. Desarrollar acciones preventivas

Aquí se establecen acciones que eviten la reincidencia del problema así como la generación de efectos negativos durante la implementación de dichas acciones. También se asigna un responsable de esas acciones, la fecha de realización y se mantiene actualizado el estatus de cada acción preventiva.

7. ACCIONES PREVENTIVAS	Resposable Fecha	Estatus

8. Reconocer el trabajo del equipo

Este último paso es muy importante ya que se le da el reconocimiento al logro alcanzado por el equipo. Pero para ello es necesario que el equipo presente sus resultados brevemente al final de la ejecución a fin de conocer el proceso de solución del problema, y en esta presentación deben participar todos los miembros.

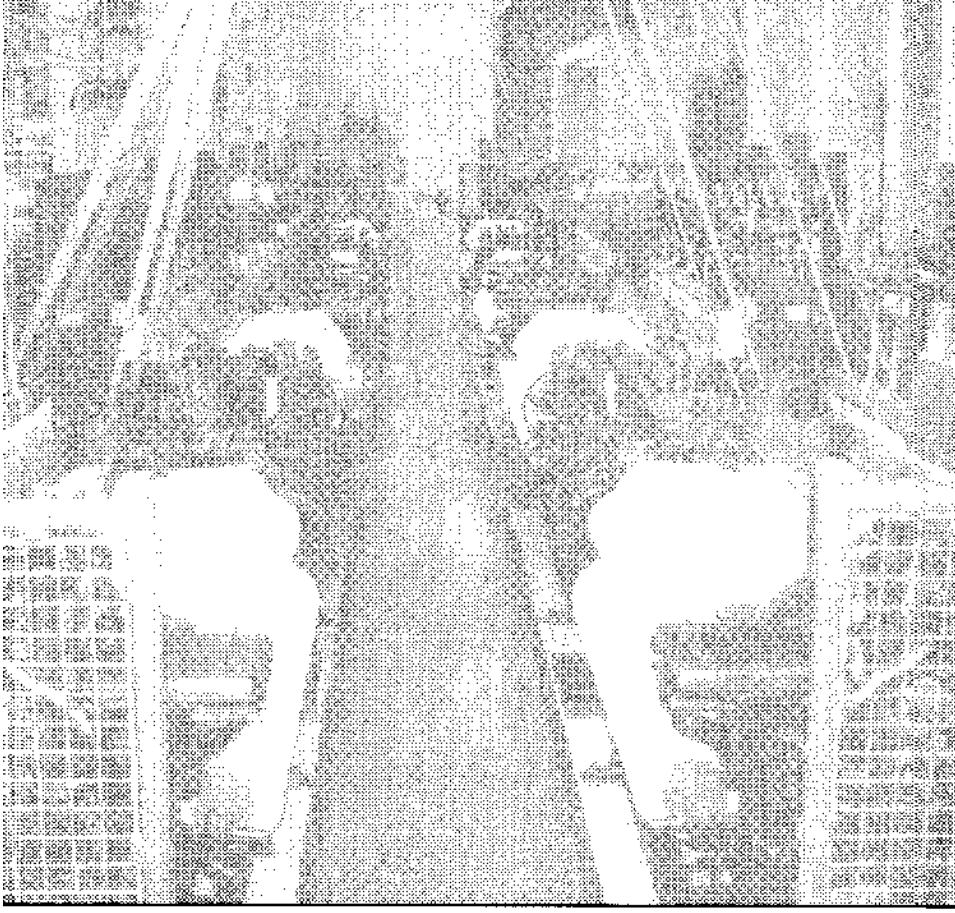
Finalmente, la persona de mayor jerarquía debe reconocer la aportación del equipo a la solución del problema, lo cual creará una atmósfera de respeto y admiración por quienes desarrollan un trabajo con satisfacción y liderazgo.

"A veces no tenemos tiempo para hacer las cosas bien a la primera vez, pero sí debemos tenerlo para repetir las cosas dos o tres veces porque salieron mal."

Anónimo

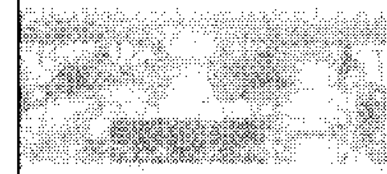
Archivos y formas aplicables

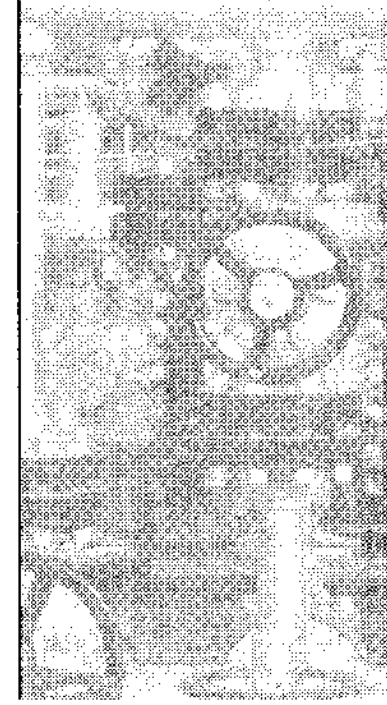
14 Solución de problemas.xls.

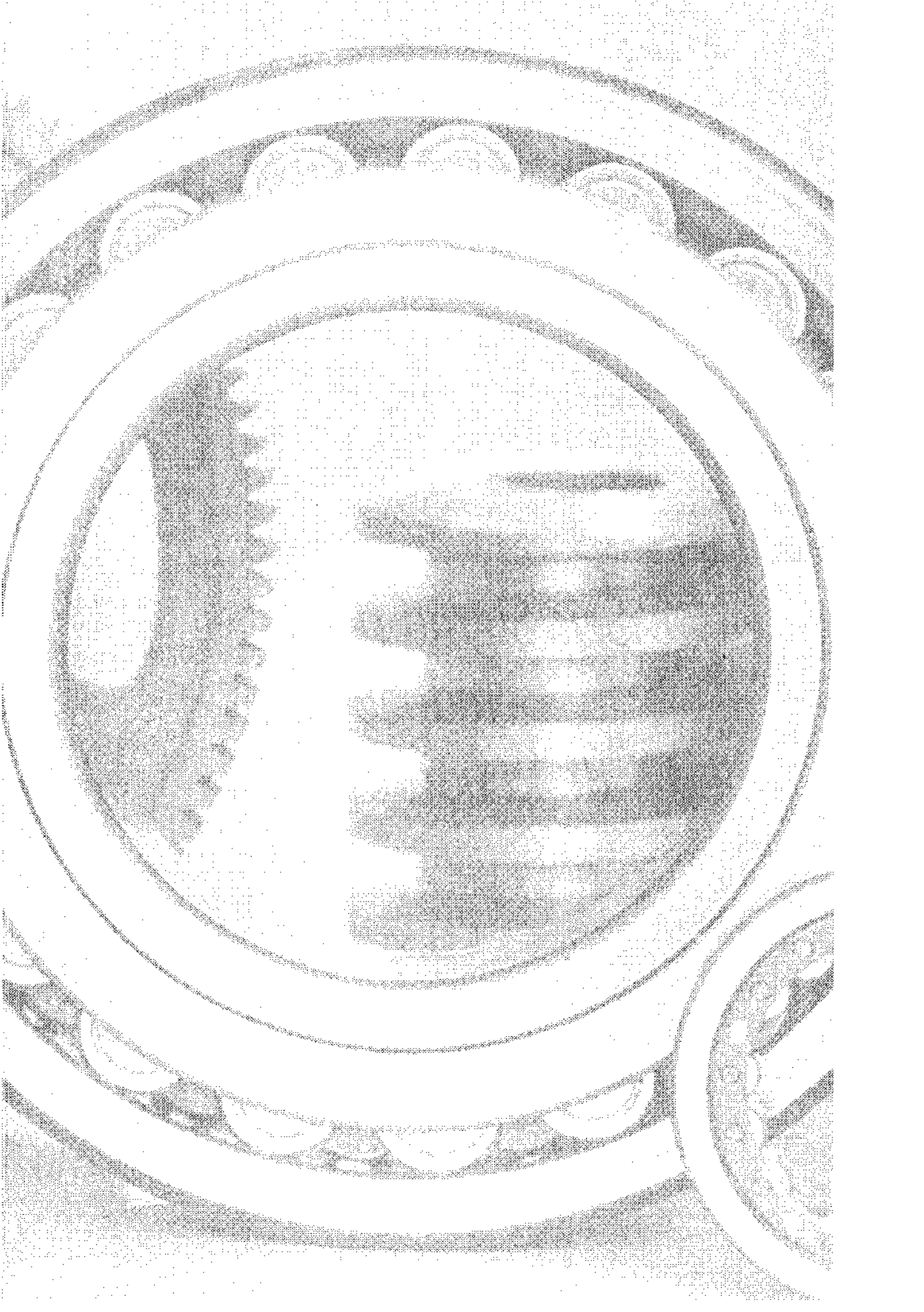


15

Seis Sigma para reducción de la variación







Antecedentes

Seis Sigma es una metodología de mejora y solución de problemas complejos que fue desarrollada a partir de una tesis doctoral del doctor Mikel Harry en la que tomó conceptos de administración por calidad total, mecanismos de solución de problemas y la convirtió en una poderosa manera de hacer más rentables a las empresas mediante la disminución de la variación en los procesos y en los productos. El movimiento de la calidad es mucho más que normas y premios; es un sistema de conocimiento y disciplina que implica renovar constantemente la forma de hacer las cosas.

Personas como William Deming, Joseph Juran, Philip B. Crosby, Armand V. Feigenbaum, Kaoru Ishikawa, Genichi Taguchi y otros contribuyeron con su esfuerzo y dedicación a forjar el concepto y la filosofía de la calidad, y marcaron el inicio de lo que ahora se conoce como Seis Sigma, producto de la evolución constante de métodos y herramientas.

En la década de 1980, Motorola pasaba por una crisis de competitividad y sus resultados no reflejaban un panorama prometedor. En una ocasión, Bob Galvin, CEO de la compañía, dijo: "Nuestra calidad apesta". El problema era el nivel de calidad tan bajo que podía causar el cierre de la empresa, por lo que convocó a su personal a mejorar significativamente su calidad. Lo que buscaba era avanzar de niveles Tres Sigma (93.3% de productos buenos) a un nivel 10 veces más alto, es decir, el equivalente a un nivel Cuatro Sigma (99.3%). Varios ingenieros de la compañía iniciaron su trabajo en pro de la calidad, entre ellos el doctor Mikel Harry, quien captó la atención de Galvin al proponer que ya no utilizaran el promedio como forma de evaluar resultados globales, sino la desviación estándar, ya que cuando ésta se mide representa la variación de un conjunto de datos con respecto a su media. Con esto sería más importante cumplir consistentemente con la calidad de los productos en lugar de promediar buenos y malos resultados.

"Si no sabemos, no podemos actuar.
Si no podemos actuar, nuestro riesgo al fracaso es alto.
Si sabemos y actuamos, el riesgo está controlado.
Si no sabemos ni actuamos, merecemos el fracaso."

Mikel Harry

En Estados Unidos, Malcom Baldrige, secretario de Economía, le presentó al presidente Ronald Reagan la propuesta de establecer el Premio Nacional de Calidad, pero poco antes de entregarlo por primera vez, Baldrige murió en un accidente automovilístico y le pusieron su nombre al premio. Este premio fue entregado a Motorola no sólo por haber logrado niveles de Cuatro Sigma, sino por lograr que algunos procesos entregaran una calidad casi perfecta de 99.9996%, equivalente a Seis Sigma, por lo cual el proyecto fue rebautizado con este nombre.

Más adelante, otras compañías como General Electric, Lockheed Martin, Texas Instruments y Honeywell, entre otras, siguieron el ejemplo de Motorola y continuaron el desarrollo de su personal y de sus proyectos en pro de una industria más eficiente y productiva.

"Seis Sigma es la mejor capacitación que hemos tomado. Es mejor que ir a la escuela de negocios de Harvard, porque nos enseña a pensar diferente."

Jack Welch, CEO de General Electric (Slater 2000)

Definición

Seis Sigma tiene varias definiciones:

- Es una métrica que permite medir cualquier proceso y compararlo con cualquier otro.
- Es una metodología de mejora que sirve para disminuir drásticamente la variación.
- Es un sistema de dirección para lograr el liderazgo en los negocios y el máximo desempeño.

Cuando las variaciones se miden estadísticamente, la desviación estándar representa la variación de los datos respecto al promedio y se representa con la letra griega sigma, de ahí el nombre de sigma.

Seis Sigma significa que pueden caber seis desviaciones estándar entre el promedio y la especificación del cliente, lo cual hace que la variación sea tan poca que sólo existan 3.4 defectos por cada millón.

¿Para qué se implementa Seis Sigma?

Las siguientes son algunas de las utilidades de aplicar Seis Sigma:

- Asegura la calidad en cada puesto de trabajo.
- Permite crear una infraestructura de personas capaces de mejorar la calidad.
- Permite establecer una filosofía de trabajo y una estrategia de negocio.
- Mejora significativamente la calidad de los productos y servicios.
- Asegura la permanencia de los negocios y aumenta la rentabilidad.
- Permite el desarrollo de productos y procesos robustos.
- Asegura un entendimiento claro de los requerimientos del cliente.

¿Cuándo se utiliza Seis Sigma?

Seis Sigma se utiliza:

- Cuando queremos reducir la variabilidad en los procesos, es decir, mejorar el nivel de cumplimiento de las especificaciones del cliente si presentan una variación que se ha salido de control.
- Cuando los niveles de calidad no satisfacen las expectativas del cliente y la variación existente obliga a mejorar el desempeño del proceso.

Características de Seis Sigma

- Se establece una estructura de capacitación.
- El enfoque de aplicación es proactivo.

- Se utiliza una metodología estructurada con herramientas diversas.
- Se trabaja sobre las variables clave del proceso.
- El principio es trabajar sobre las características críticas de calidad.
- La calidad se genera en los procesos y no en las inspecciones.
- Las salidas de los procesos están en función de las entradas.

¿Qué relación tiene Seis Sigma con *Lean Manufacturing*?

Algunos expertos estiman que una empresa que tiene 10% de desperdicio, reduce hasta 40% su capacidad. Es por eso que velocidad (*Lean Manufacturing*) y calidad (Seis Sigma) son caras de la misma moneda.

Entonces, si hablamos de empresas ágiles, necesitamos no sólo una metodología de mejora, sino un conjunto de elementos que nos ayuden a reducir defectos, a mejorar la velocidad de entrega y, por lo tanto, a lograr la satisfacción total del cliente.

En este libro hemos sugerido metodologías y sus herramientas para crear empresas ágiles. Estas metodologías funcionan bien cuando se les da el enfoque adecuado. Hemos descrito las siguientes funciones:

Metodología	Aplicación
Lean Manufacturing	Mejorar velocidad, calidad, costo y entrega. Eliminar excesos.
Seis Sigma	Reducir variación y solucionar problemas difíciles.
AMEF	Prevenir problemas.
8 D's	Solucionar problemas.

Por lo tanto, podríamos decir que para tener empresas ágiles éstas deben contar con herramientas que les permitan responder a las diversas situaciones que enfrentan diariamente.

¿Cuánto tiempo toma implementar Seis Sigma?

Por lo general, la implementación de un proyecto Seis Sigma toma entre 3 y 12 semanas.

Estructura para Seis Sigma

La metodología Seis Sigma, junto con las herramientas aplicadas, es muy poderosa, pero en realidad su poder radica en la estructura que la hace funcionar, ya que se establecen diferentes niveles de entrenamiento y certificación para su aplicación efectiva.

A continuación se detallan los roles de la estructura Seis Sigma.

Master black belt

Es mentor o maestro de los *black belts*, revisa y tiene el prestigio y liderazgo porque enseña y lleva a cabo proyectos difíciles. El *master black belt* fue un *black belt* que demostró su gran experiencia mediante los resultados de sus proyectos y, sobre todo, mediante los beneficios acumulados a lo largo de la aplicación de la metodología y herramientas en proyectos de alto valor. Esta posición es de alto grado en las empresas.

Black belt

Es un experto en las herramientas, guía a los equipos en los proyectos y capacita a otros. Es una persona que ha estudiado la metodología y las herramientas y ha demostrado sus habilidades en la implementación de proyectos logrando resultados en la disminución de defectos y en impactos financieros considerables, en algunos casos con ahorros anuales de hasta un millón de dólares.

El *black belt* es una especie de consultor interno dedicado a la mejora y la solución de problemas difíciles mediante la reducción de defectos y costos. Por lo general trabaja tiempo completo en proyectos y capacitando personal. Recibe una capacitación de entre 120 y 150 horas.

Green belt

Los *green belts* son empleados de niveles diversos en la empresa que no se dedican de tiempo completo a las actividades de Seis Sigma, y que conocen la metodología y las herramientas a un nivel de aplicación en proyectos a los cuales son invitados. Reciben una capacitación de 48 a 72 horas en la metodología y conocen las herramientas en general, por lo que pueden dirigir pequeños proyectos o proporcionar apoyo cuando son invitados a participar en algún proyecto.

Patrocinadores

Son ejecutivos que conocen y creen en los beneficios de la aplicación de Seis Sigma. Además, son elementos clave en su implementación. Patrocinan los programas de capacitación, establecen las prioridades de la compañía y hacen que la iniciativa de Seis Sigma se convierta en una estrategia de negocios destinada a elevar el nivel competitivo de la empresa y asegurar que se reporten beneficios económicos tangibles. Apoyan los proyectos en turno con recursos y medios para que se logren resultados positivos.

Campeones (champions)

Son directivos de alto nivel que asignan recursos y dan prioridades para la capacitación de los *black belts*, demostrando así que Seis Sigma es un programa estratégico para lograr las metas del negocio. Reciben capacitación sobre los conceptos clave de la metodología y aplicación de Seis Sigma para trabajar en los mejores proyectos. Trabajan con los *black belts* dándoles soporte y recursos para la correcta ejecución de sus proyectos.

Procedimiento para implementar Seis Sigma

Seis Sigma utiliza una metodología llamada DMAIC (siglas en inglés de Define, Measure, Analyze, Improve, Control) que consiste en:

- Definir: Se define el proyecto a realizar.

- Medir: Se obtienen datos y mediciones.
- Analizar: Se analizan los datos y se convierten en información.
- Mejorar: Se llevan a cabo acciones para mejorar.
- Controlar: Se verifica que se sostengan las mejoras.

Definir

En la etapa inicial de un proyecto se presenta la definición, la cual describe el objetivo, la justificación, el alcance, los recursos, el equipo asignado y un programa preliminar del proyecto. Esta etapa es la más importante porque es donde se establece el fundamento de la ejecución del proyecto.

Herramientas que se utilizan en la etapa de definición (según sean necesarias)

En la selección del proyecto

- Diagramas matriciales y matrices de priorización para seleccionar proyectos que estén alineados con las metas y los objetivos.
- Diagramas de Pareto para identificar oportunidades significativas.
- Mapas de procesos como medios visuales para definir procesos e identificar oportunidades.
- Diagramas SIPOC para identificar actividades en los procesos, entradas y salidas clave, clientes y proveedores.

En la calendarización del proyecto

- Gráficas de Gantt para comprender el programa y controlar los avances del proyecto.
- Análisis de PERT para determinar la ruta crítica.

Medir

El propósito de la etapa de medición es entender el estado actual del proceso y recolectar datos confiables sobre calidad, costo y velocidad.

Actividades por realizar

- Conocer la voz del cliente.
- Determinar las entradas y salidas críticas del proceso.
- Conocer a fondo el proceso.
- Obtener datos del proceso.
- Establecer métricos para una línea base.
- Evaluar el sistema de medición.
- Validar el objetivo y el alcance del proyecto.

Herramientas que se utilizan en la etapa de medición (según sean necesarias)

En la definición del proceso

- Diagramas de flujo y mapas de proceso para conocer a fondo el proceso y definir el nivel de proceso al que se trabajará en el proyecto.
- Técnicas de muestreo para recolectar los datos necesarios.
- Mapa de necesidades para conocer los requerimientos críticos de la calidad.
- QFD *(Quality Function Deployment)* para priorizar requerimientos técnicos.
- Modelo de Kano para entender, analizar y clasificar los requerimientos de nuestros clientes de acuerdo con su prioridad.

En la estimación de la línea base

- Gráficas de control para investigar la estabilidad del proceso y evaluar su capacidad.
- Histogramas para desplegar las salidas relativas al proceso.
- Intervalos de confianza de la media y proporciones para estimar el desempeño del proceso cuando no se encuentra estadísticamente bajo control.
- Gráficas de probabilidad para verificar la distribución del proceso.

- OEE (Efectividad Total de los Equipos) para conocer la efectividad total.
- Nivel Sigma para establecer la probabilidad de fallar.

En el análisis del sistema de medición

- Estudios R&R para cuantificar el error de medición asociado con el equipo, el personal y los procedimientos.
- Análisis de regresión y linealidad para entender el error de medición.

Analizar

El propósito de la etapa de análisis es evaluar la estabilidad y capacidad del proceso para producir dentro de las especificaciones, así como establecer las causas raíz que están generando la variación.

Actividades por realizar

- Determinar las fuentes de variación.
- Identificar el cuello de botella del proceso.
- Analizar las causas raíz.

Herramientas que se utilizan en la etapa de análisis (según sean necesarias)

En el análisis de la cadena de valor

- Mapa de la cadena de valor para conocer a fondo los procesos y validar las actividades que agregan valor.
- Diagramas de flujo para identificar todas las actividades que intervienen en el proceso.
- Diagrama *spaghetti* para identificar movimientos innecesarios de material o de personal.
- Análisis de *mudas* para identificar y eliminar desperdicios.

En el análisis del proceso

- Diagramas Ishikawa para identificar relaciones de causa y efecto.

- Intervalos de confianza para comprobar hipótesis planteadas.
- AMEF (análisis del modo y efecto de fallas) para identificar fallas potenciales en el proceso y/o producto.
- Pruebas de hipótesis para comparar muestras de diferentes condiciones.
- Diseño de experimentos para detectar factores y niveles de variación.
- Gráficos de control para diferenciar causas comunes de causas especiales de variación.
- Histogramas para desplegar gráficamente las salidas de los procesos.
- Gráficas de multivariables para categorizar la variación e interrelación de factores.
- Gráficas de Pareto para enfocar las oportunidades.
- Árboles de realidad para entender las relaciones causa-efecto de situaciones diversas.
- Cpk para evaluar la capacidad del proceso.

Mejorar

El propósito de la etapa de mejora es implementar los cambios que sean necesarios para mejorar el proceso.

Actividades por realizar

- Determinar las condiciones del proceso mejorado.
- Calcular los beneficios de las mejoras propuestas.
- Investigar los modos de falla para el nuevo proceso.
- Implementar y verificar las mejoras del proceso.

Determinar las condiciones operativas

- Mapa futuro de la cadena de valor para conocer los procesos mejorados.
- Análisis PERT para verificar la reducción del tiempo de ciclo.
- Diagrama *spaghetti* para identificar mejoras en movimientos de material o de personal.

- Simulación del proceso para conocer el comportamiento de los cambios.

Herramientas lean (vistas en otros capítulos)

- 5's para eliminar actividades que no agregan valor.
- Flujo continuo para reducir tiempos de ciclo.
- Nivelación para balancear procesos.
- SMED para reducir el tiempo de ciclo.
- TPM para lograr la máxima efectividad de los equipos.
- *Kanban* para establecer flujo jalar.

Mejorar las condiciones operativas

- Matrices de priorización para asegurar que las soluciones estén alineadas con las necesidades de los clientes.
- Gráficas Box-Whisker para comparar gráficamente el antes y el después.
- Diagramas causa-efecto para generar una cadena de supuestos que afecten la solución identificada.
- Diseño de experimentos, análisis de regresión, análisis residual y gráficas de interacción para determinar dónde está la máxima o la mínima respuesta esperada.

Controlar

El propósito de la etapa de control es estandarizar los nuevos métodos y asegurar que se mantengan las mejoras logradas.

Actividades por realizar

- Documentar el proceso mejorado.
- Verificar continuamente el impacto de las mejoras.
- Verificar que se mantengan las mejoras.
- Establecer métodos de control.

Herramientas que se utilizan en la etapa de control (según sean necesarias)

En las actividades de control

- Gráficos de control para observar variaciones en el proceso.
- Análisis de modo y efecto de falla para documentar fallas potenciales y prevenirlas.
- Plan de control para documentar los controles y minimizar la variación del proceso.
- Diagramas de flujo para identificar todas las actividades que intervienen en el proceso.
- Capacitación para que todos entiendan y apliquen nuevos métodos.
- Documentación estándar para tener referencias documentadas.

Parte VII

Herramientas para control de materiales y de producción

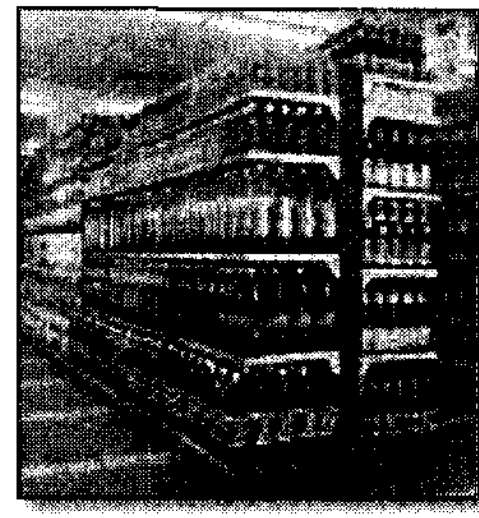
16

Kanban *para control de materiales y de producción*

Antecedentes

Muchos empresarios japoneses visitaron varias veces plantas en Estados Unidos para conocer sus sistemas de control de inventario.

Taiichi Ohno y sus colegas visitaron en una ocasión algunas plantas armadoras de vehículos y fundidoras, buscando ideas o un sistema para no sobreinventariarse. No encontraron lo que buscaban, pero en las tardes, durante su viaje, visitaban supermercados y les llamó mucho la atención la manera en que se resurtían los artículos una vez que el cliente los retiraba del estante y los pagaba; es decir, el billete era una señal para el abastecedor de que tenía que resurtir el o los productos que el cliente había retirado.



El sistema *kanban* está inspirado en la manera en que trabajan los supermercados, y las tarjetas *kanban* simbolizan los billetes que dan una señal a los proveedores de los materiales.

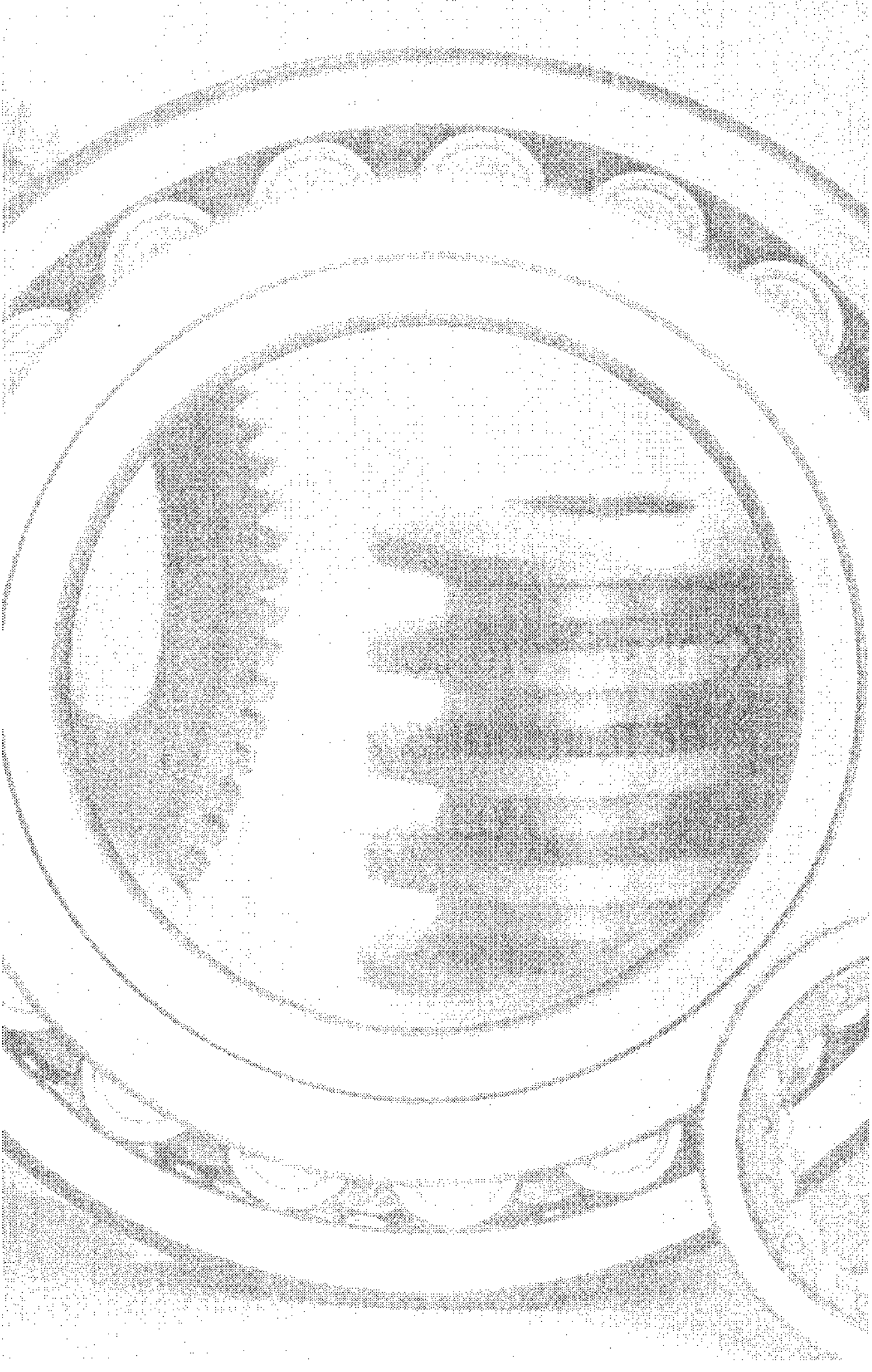
Definición

El sistema jalar (*pull system*) es un sistema de comunicación que permite controlar la producción, sincronizar los procesos de manufactura con los requerimientos del cliente y apoyar fuertemente la programación de la producción.

Tipos de *kanban*

Kanban de retiro

Especifica la clase y la cantidad de producto que un proceso debe retirar del proceso anterior.



- Proporciona un sistema común para mover materiales en la planta.

¿Cuándo se utiliza *kanban*?

Kanban se utiliza:

- Cuando es necesario estructurar el sistema de control de materiales y administración de la producción debido a la alta mezcla de productos y a los volúmenes de producción que tienden a ser menores.
- Cuando se han introducido las variables de disponibilidad de equipo, orden y limpieza, cambios rápidos y lotes de producto mínimos, y las condiciones se prestan para aplicar *kanban*.

¿Cuánto tiempo toma implementar *kanban*?

La implementación de *kanban* toma de una a 12 semanas.

Procedimiento para implementar *kanban*

- Seleccionar los números de parte que se van a establecer en *kanban*.
- Calcular la cantidad de piezas por *kanban*.
- Escoger el tipo de señal y el tipo de contenedor estándar.
- Calcular el número de contenedores y la secuencia *pitch*.
- Dar seguimiento (*WIP to SWIP*).

Seleccionar los números de parte que se van a establecer en *kanban*

Seleccione números de parte que compartan una misma familia de productos. Es recomendable trabajar con números de parte que se utilizan comúnmente.

Es muy importante trabajar con números de parte en los cuales ya se ha trabajado en la flexibilidad de la manufactura, por ejemplo, en los que se han establecido células de manufactura,

Anaquel de almacén:	*F26-18*	Código de la pieza:	*A5-34*	Proceso anterior:
Núm. de pieza:	*2214*			**FORJA B-2**
Nombre de la pieza:	*Soporte para motor*			Proceso posterior:
Tipo de automóvil:	*SX50BC*			**MECANIZACIÓN**
Capacidad de la caja		Tipo de la caja		
100		*B*		

Kanban de producción

Especifica la clase y la cantidad de producto que un proceso debe producir.

Anaquel de almacén:	*F26-18*	Código de la pieza:	*A5-34*	Proceso:
Núm. de pieza:	*2214*			**MECANIZACIÓN**
Nombre de la pieza:	*Soporte para motor*			
Cantidad por producir:	*200*			

¿Para qué se implementa *kanban*?

Las siguientes son algunas de las utilidades de implementar *kanban*:

- Evita la sobreproducción.
- Permite trabajar con bajos inventarios.
- Da certidumbre a los clientes de recibir sus productos a tiempo.
- Permite fabricar sólo lo que el cliente necesita.
- Es un sistema visual que permite comparar lo que se fabrica con lo que el cliente requiere.
- Elimina las complejidades de la programación de producción.

se han reducido los tiempos de cambio y las máquinas de los procesos han mejorado su disponibilidad.

Calcular la cantidad de piezas por *kanban*

La fórmula de piezas por *kanban* es: D × TE × U × % VD

Donde:

D = demanda semanal. Normalmente la demanda mensual se multiplica por 12 y se divide entre el número de semanas laborables o entre 52.

TE = tiempo de entrega en semanas que tiene el proveedor interno o externo, e incluye:

Para productos comprados:

Tiempo de generar la orden + tiempo de entrega del proveedor + tiempo de transporte + tiempo de recepción, inspección y *stock*.

Para productos manufacturados:

Tiempo para generar la orden de trabajo + tiempo total de procesamiento + tiempo de recepción/inspección.

U = número de ubicaciones. Por ejemplo, al inicio de la implementación se recomienda tener dos ubicaciones llenas, una para el proveedor y otra para el cliente.

% VD = nivel de variación de la demanda. Es la desviación estándar de la demanda del periodo dividida entre el promedio de la demanda en el mismo periodo.

Ejemplo

Seleccionar los números de parte que se van a establecer en *kanban*.

Número de parte: 2214. Soporte para motor.

Calcular la cantidad de piezas por **kanban**

Demanda mensual = 22,534 piezas.
Demanda anual = 22,534 × 12 = 270,408 piezas.
Demanda semanal = 270,408 ÷ 52 = 5200 piezas.

D = 5200 piezas.
TE = 1 semana.
U = 2 (para no tener problemas al principio se recomienda iniciar con una ubicación con el proveedor y otra en el área de manufactura). Más adelante se irán disminuyendo las cantidades, pero con esto aseguramos la continuidad en el proceso de surtimiento.
% VD = desviación estándar de la demanda del periodo/ promedio de la demanda en el mismo periodo.

No. de parte	2214	Descripción	Soporte para motor

Enero	22350
Febrero	28570
Marzo	35514
Abril	25468
Mayo	24515
Junio	20667
Julio	18422
Agosto	14304
Septiembre	17209
Octubre	19129
Noviembre	22345
Diciembre	21916

Promedio	22534
Desviación estándar	5608
% de variación	25%

Forma 16.1

% VD = 25%

Cantidad de piezas = 5200 × 1 × 2 × 1.25 = 13,000 piezas.

Otra forma de obtener el *kanban* necesario en los procesos está basada en el cubrimiento de materiales de acuerdo con el tiempo

de ciclo del proceso o el tiempo de entrega (obtenido en el mapa de la cadena de valor).

$$\frac{\text{Tiempo de entrega del proceso}}{\text{Tiempo } takt} \div \text{cantidad de piezas por } kanban + \text{margen de seguridad.}$$

Por ejemplo, tenemos lo siguiente:

Tiempo de entrega del proceso de 7 días = (450 minutos laborables × 7 días) = 3150 minutos.
Tiempo *takt* = 7 minutos.
Unidades por cada tarjeta *kanban* = 30 piezas.
Margen de seguridad = 20 piezas.

Tiempo de entrega (*lead time*)	3150	minutos
Tiempo *takt*	7	minutos
Unidades por *kanban*	30	piezas
Margen de seguridad	20	piezas
Número de *kanbans* requeridos	35	*kanbans*

Forma 16.2

Tiempo de entrega: es el tiempo total de la cadena de valor desde la materia prima hasta el producto terminado. Este tiempo incluye actividades que agregan y que no agregan valor. Normalmente este tiempo se define en el mapa de la cadena de valor.

Tiempo *takt*: es el tiempo disponible para producir dividido entre la demanda.

Unidades por *kanban*: es el tamaño de lote que representará cada tarjeta según la capacidad de los contenedores que

pueda cargar una persona o la cantidad lógica de producción dadas las condiciones de operación o simplemente el lote económico.

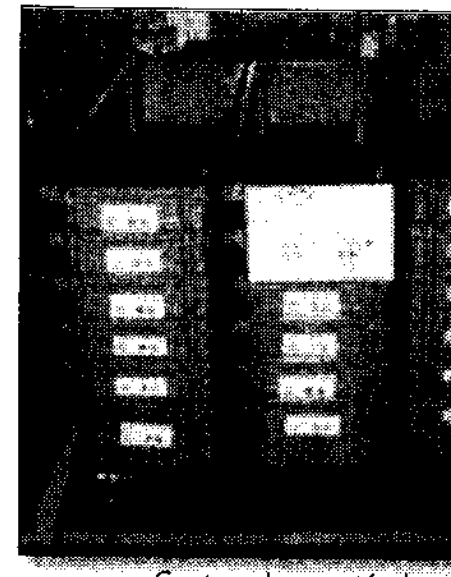
Margen de seguridad: es una cantidad de materiales que mantiene cierta confianza en el sistema ante posibles eventualidades.

Escoger el tipo de señal y el tipo de contenedor estándar

Es importante que los contenedores sean de fácil manejo e identificación, y que el color para aplicar el control visual a las piezas sea acorde al color del contenedor.

Una recomendación es seleccionar la capacidad del contenedor con base en la capacidad de carga del operador u operadora para que sea una unidad de carga manejable.

El contenedor puede ser una caja, tarima, charola, etcétera.



Contenedores estándar.

Calcular el número de contenedores y la secuencia *pitch*

$$\text{Número de contenedores} = \frac{\text{Cantidad de piezas en } \textit{kanban}}{\text{Capacidad del contenedor}}$$

Si la capacidad de cada contenedor es de 100, entonces el número de contenedores es:

$$\text{Número de contenedores} = 13{,}000 \div 100 = 130.$$

Pitch es el ritmo de producción de acuerdo con la cantidad de productos por empaque.

$$\textit{Pitch} = \text{tiempo } \textit{takt} \times \text{capacidad del empaque.}$$

Dar seguimiento (*WIP to SWIP*)

El *WIP to SWIP* se calcula dividiendo la cantidad de inventario dentro de la celda entre la cantidad de *SWIP*.

Inventario total en la celda ÷ inventario estándar de la celda

El resultado ideal es 1, lo que significa que el *WIP* es igual al *SWIP*.

Si el resultado es mayor que 1, entonces se tiene mucho inventario en la celda.

Si el resultado es menor que 1, entonces se tiene poco inventario y existe el riesgo de que la celda se quede corta de producción.

En el capítulo 19 veremos la forma de calcular el *Wip* to *Swip*.

Durante la aplicación

- Determine los números de parte que se implementarán en sistema jalar.
- Determine el máximo de inventarios por parte.
- Calcule las cantidades de *kanban* para las operaciones.
- Determine el tamaño estándar del contenedor.
- Determine las ubicaciones de almacenamiento (supermercados).
- Determine el número de contenedores.

Reglas de *kanban*

1. No se pasan productos defectuosos a los siguientes procesos.
2. Se retira un *kanban* cuando un proceso retira piezas del proceso anterior.
3. Los procesos anteriores fabrican piezas en las cantidades especificadas por el *kanban* retirado (el *kanban* les proporciona una orden de producción).

4. Nada se produce o se transporta sin *kanban*.
5. El *kanban* hace la función de una orden de producción adherida a los artículos.
6. El número de *kanbans* disminuye con el tiempo.

Herramientas y conceptos útiles para la aplicación

1. Las 5's son una herramienta esencial para facilitar las actividades de implementación de células de manufactura.
2. Considere la implementación de TPM antes de implementar células de manufactura. Esto hará que sus cálculos sean más realistas y sus equipos más confiables para trabajar en un ambiente celular.
3. Certifique a sus operadores en varias operaciones y realice una matriz de capacitación en la que sus operadores sean capaces de operar, mantener y analizar la calidad en cada centro de trabajo.
4. Asegure el abasto de los materiales en todas las estaciones utilizando el sistema *kanban* u otros métodos para que nunca se detenga la producción por falta de materiales.
5. Realice controles visuales para que los trabajadores entiendan sus operaciones a fondo utilizando instructivos visuales.
6. Aplique *andon* o control visual (lámparas, sonidos u otros medios) para comunicar que se necesita material, mantenimiento, asistencia, calidad, etc. De este modo la célula se mantendrá productiva.
7. Establezca mediciones del avance del trabajo cada hora, en las que los operadores anoten la producción que llevan en ese momento y la comparen con la producción que deberían llevar.
8. Si es posible, establezca el trabajo de pieza en pieza. Esto se logra balanceando la célula de producción y haciendo que los operadores muevan los materiales directamente de operación en operación a medida que avanza el proceso.
9. Considere la aplicación de SMED (cambios rápidos) para asegurar que la célula trabaje a su máximo potencial.

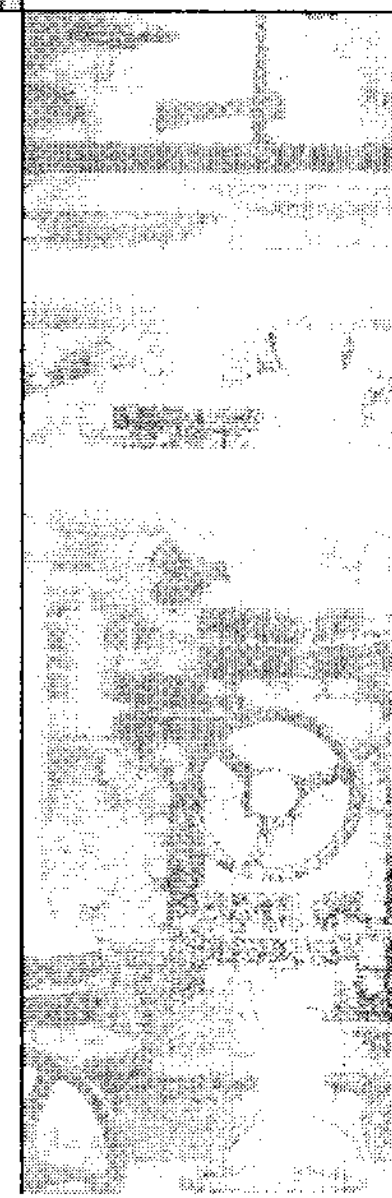
Cortesía: Bosch Automation

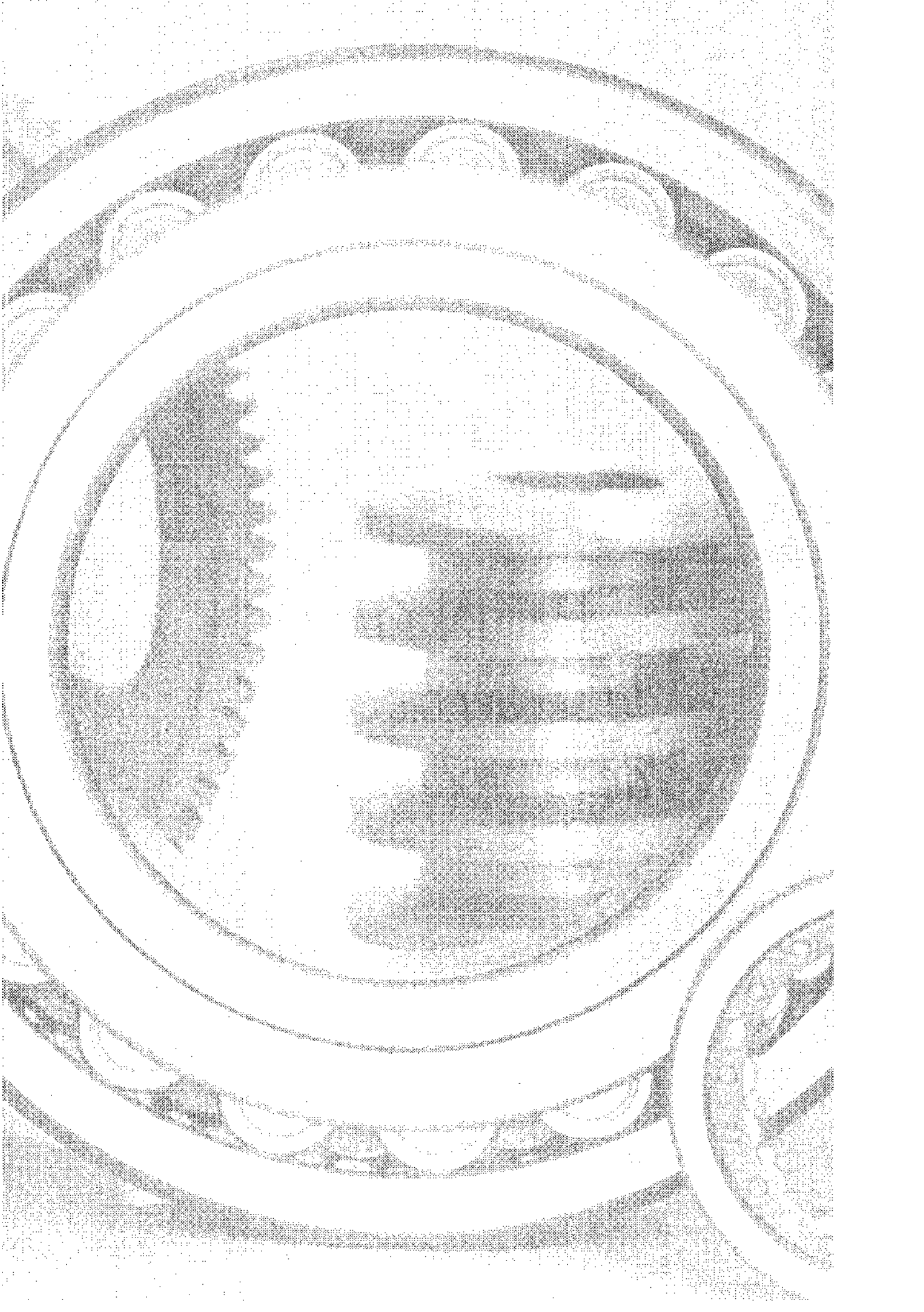
Archivos y formas aplicables

16_kanban.xls.

CAPÍTULO 17

Heijunka *para la secuenciación de la producción*





Antecedentes

En Toyota, el medio para adaptar la producción a la demanda se denomina nivelación de la producción, y consiste en reducir al mínimo las fluctuaciones de las cantidades en la cadena de producción.

Fases de la nivelación de la producción

- Nivelación de la cantidad total de producción.
- Nivelación de la producción de cada modelo.

Nivelación de la cantidad total de producción

El objetivo es minimizar la diferencia entre la producción de un periodo y la del siguiente. Lo ideal es producir una misma cantidad de productos en cada periodo (por lo general, cada día).

Aunque la demanda puede cambiar considerablemente según la estación (lo que afecta los volúmenes mensuales de producción), la nivelación permite que los volúmenes de producción diaria permanezcan constantes.

Veamos la producción en serie de los vehículos A y B, en la que el plan de producción en serie se prepara con base en un plan mensual de producción, el cual se establece a su vez según la demanda pronosticada. Esta cantidad se divide simplemente entre los días laborables del mes, con lo que tenemos el volumen por producir cada día.

Sistema tradicional "AAAAAABBBBBBBAAAAAAA"

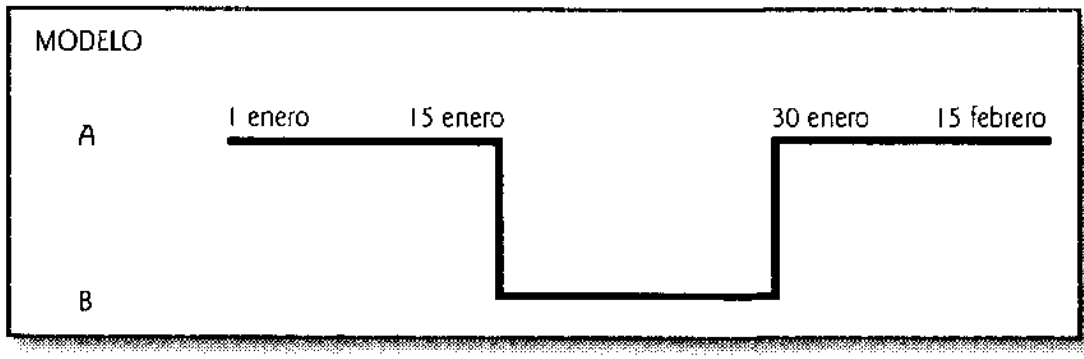


Figura 17.1

En la figura 17.1 podemos ver que en la manufactura tradicional se establecen prioridades de producción a largo plazo según la demanda sin que necesariamente sea el ritmo de la venta.

Sistema Lean (nivelado de la producción) "ABABABABA"

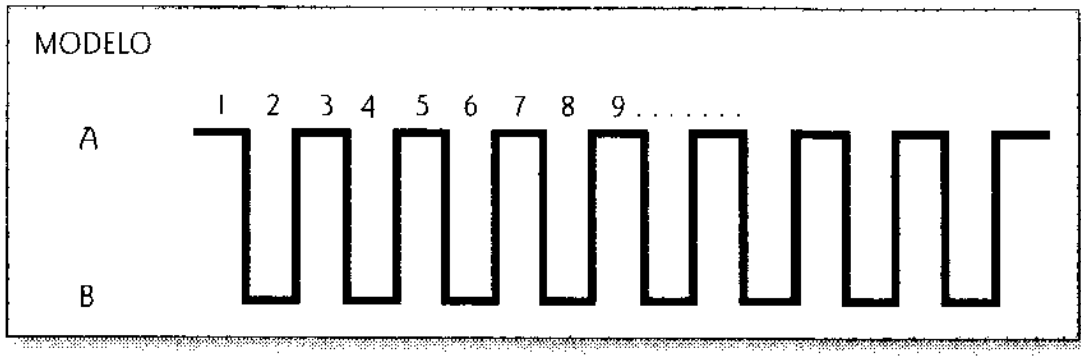


Figura 17.2

Nivelación de la producción de cada modelo

Cuando nivelamos la cantidad total de producción, podemos nivelar la producción de cada modelo mediante la preparación rápida o el cambio de producto, y establecer la secuencia de producción según vayan llegando las tarjetas *kanban* de producción a la caja de nivelación *heijunka*.

Definición

La nivelación de la producción *heijunka* es un sistema de control que sirve para nivelar la producción al ritmo de la demanda del cliente final, variando la carga de trabajo de los procesos de manufactura.

¿Para qué se implementa *heijunka*?

Las siguientes son algunas de las utilidades de implementar *heijunka*:

- Evita la sobreproducción.
- Establece completamente el sistema jalar.
- Nivela la producción en la cadena en mezcla de producción y volumen de producción.

¿Cuándo se utiliza *heijunka*?

Cuando el sistema *kanban* es maduro y se requiere mayor precisión en la planeación de la producción para evitar inventarios excesivos.

¿Cuánto tiempo toma implementar *heijunka*?

La implementación de *heijunka* toma de cuatro a seis meses.

Procedimiento para implementar *heijunka*

- Calcular el tiempo *takt*.
- Calcular el *pitch* para cada producto.
- Establecer el ritmo de producción.
- Crear la caja *heijunka*.

Calcular el tiempo *takt*

$$\text{Tiempo } takt = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda}}$$

Ejemplo

Tiempo disponible = 27,000 segundos (8 horas − 30 minutos de descanso).
Demanda diaria = 500 piezas por día.

$$\text{Tiempo } takt = \frac{27{,}000 \text{ segundos}}{500 \text{ pzas.}}$$

Tiempo *takt* = 54 segundos por pieza.

Calcular el *pitch* para cada producto

Pitch representa el tiempo de producción y empaque de una unidad de producción en su correspondiente cantidad de productos por empaque.

$$Pitch = \frac{\text{tiempo } takt \times \text{cantidad de piezas por empaque}}{60 \text{ segundos/min.}}$$

Ejemplo

Para este ejemplo se tienen cuatro productos de una sola familia cuyo tiempo *takt* es de 54 segundos por pieza.

Producto W:12 piezas por caja.

Producto X: 24 piezas por caja.

Producto Y: 10 piezas por caja.

Producto Z: 20 piezas por caja.

Pitch:

W= (54 × 12) ÷ 60 = 10.8 min.

X = (54 × 24) ÷ 60 = 21.6 min.

Y = (54 × 10) ÷ 60 = 9 min.

Z = (54 × 20) ÷ 60 = 18 min.

Establecer el ritmo de producción

Para establecer la secuencia, tomamos el valor más bajo de los cálculos anteriores, que en este caso es de 9 minutos.

Suponiendo que la producción inicia a las 8:00 am, la secuenciación quedaría como sigue:

8:00 8:09 8:18 8:27 8:36 8:45 8:54 ...

Crear la caja *heijunka*

La caja *heijunka*, también conocida como caja de nivelación de producción, es una matriz que se puede hacer en madera u otro material y sirve para establecer cómo se realizará la secuencia de la producción en los periodos calculados en el paso anterior.

Esta caja es como un depósito de correo que se utiliza para programar la producción. También se necesita un corredor, quien pondrá las tarjetas de *kanban* en la caja *heijunka* para establecer las prioridades y secuencias de producción conforme se muevan las tarjetas dada la demanda de los productos.

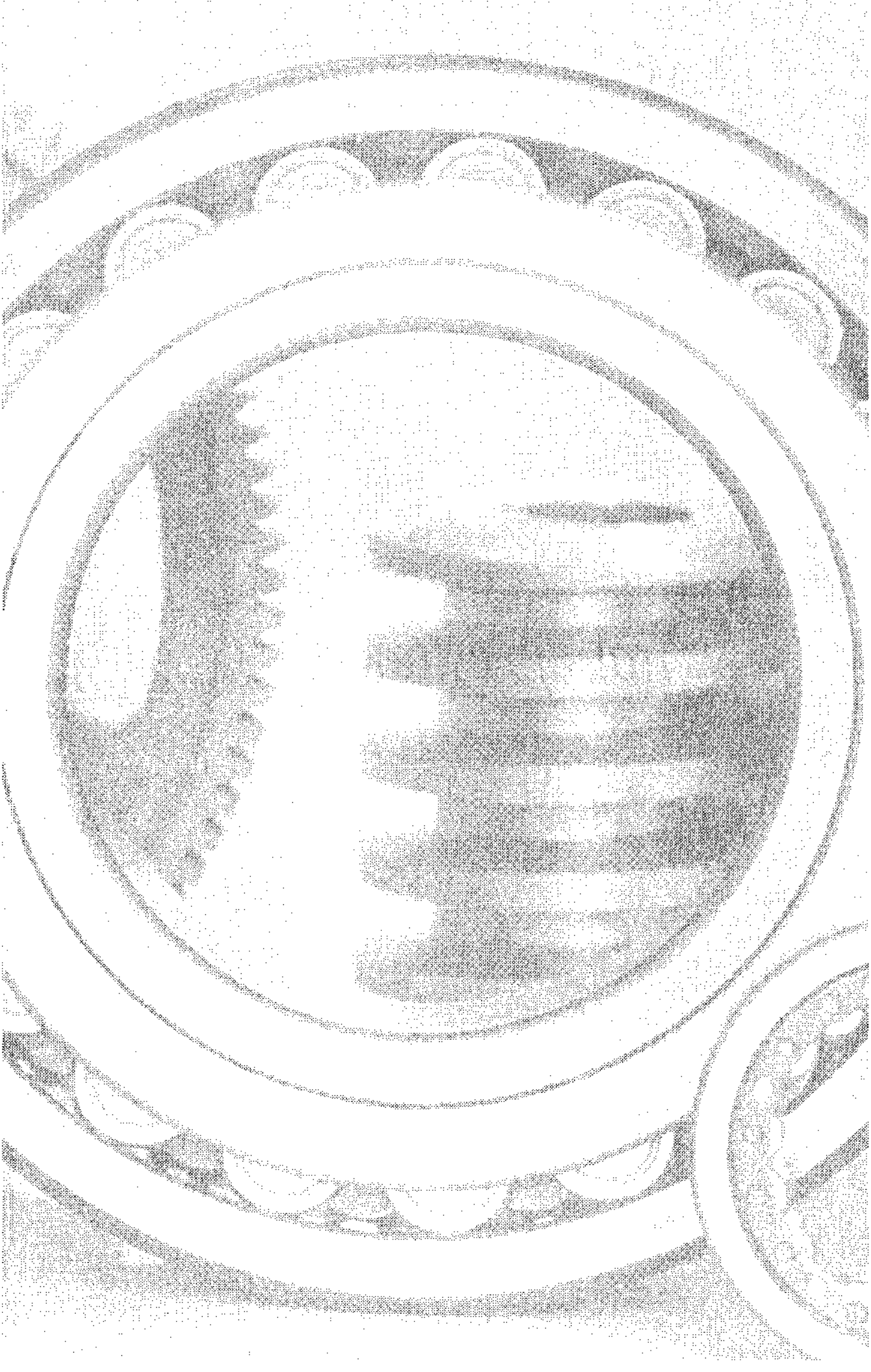
El corredor irá introduciendo estas tarjetas, que se convertirán en una señal visual para saber cuándo y qué producir.

Parte VIII

Integración y control de la información

18

Trabajo estándar



Definición

El trabajo estándar tiene su fundamento en la excelencia operacional. Sin el trabajo estandarizado no se puede garantizar que en las operaciones siempre se elaboren los productos de la misma manera. El trabajo estandarizado hace posible aplicar los elementos de *Lean Manufacturing* ya que define de la manera más eficiente los métodos de trabajo para lograr la mejor calidad y los costos más bajos.

Para entender el trabajo estándar no hace falta más que observar (midiendo) el trabajo de los operadores. El trabajo estándar se compone de tres elementos:

- Tiempo *takt* (rapidez de la demanda).
- Secuencia estándar de las operaciones.
- Inventario estándar en proceso.

¿Para qué se implementa el trabajo estándar?

Al estandarizar las operaciones se establece la línea base para evaluar y administrar los procesos y evaluar su desempeño, lo cual será el fundamento de las mejoras. La documentación del trabajo estándar sirve para lo siguiente:

- Asegura que la secuencia de las acciones del operador sea repetible.
- Apoya el control visual, creando así un ambiente para detectar anormalidades fácilmente.
- Ofrece una ayuda para comparar la documentación con los procesos actuales.
- Es una herramienta para iniciar acciones de mejora.
- Facilita el método de documentación de las mejoras.
- Establece un banco invaluable de información que se puede consultar cuando es necesario.
- Ayuda a mantener un alto nivel en repetibilidad.
- Asegura operaciones más seguras y efectivas.

- Mejora la productividad.
- Ayuda al balanceo de los tiempos de ciclo de todas las operaciones de acuerdo con el ciclo del tiempo *takt*.
- Reduce la curva de aprendizaje de los operadores.

¿Cuándo se utiliza el trabajo estándar?

La documentación de las operaciones estándar se utiliza desde que se obtiene información relevante de los procesos, como los tiempos de operaciones, cuando se requiere conocer la secuencia de las operaciones y su relación con el tiempo *takt* y una vez que se ha mejorado el proceso para documentar los nuevos métodos establecidos y para capacitar al personal en su nuevo puesto.

Cuando se realiza un evento de mejora *kaizen*, se prepara la documentación estándar y se utiliza en las diferentes etapas para tener los procesos y sus mejoras documentados.

¿Cuánto tiempo toma implementar el trabajo estándar?

Dependiendo de la complejidad del proceso, de una a dos semanas.

Procedimiento para implementar el trabajo estándar

1. Seleccionar un proceso específico o una operación de un proceso.
2. Realizar las mediciones de tiempo correspondientes y capturarlas en la forma 18.1, "Hoja de medición de tiempos".
3. Calcular la capacidad de operación y llenar la forma 18.2, "Capacidad de operación".
4. Diseñar o documentar la secuencia optimizada de la capacidad en la forma 18.3, "Tabla combinada de operaciones estandarizadas".
5. Dibujar el proceso en la forma 18.4, "Trabajo estándar".
6. Documentar las instrucciones de operación en la forma 18.5, "Instrucciones de operación".

Hoja de medición de tiempos

En la hoja de medición de tiempos se identifica el momento en que inicia un elemento del trabajo, así como el momento en que termina. En esta hoja se mide cada elemento del trabajo y se establecen los tiempos estándar para cada operación del proceso.

PROCESO	LSSI LEAN SIX SIGMA INSTITUTE	HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS															Fecha de análisis			Número del proceso	
																	Hora de análisis			Observador	
Núm.	Elemento de trabajo	Punto de medición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Tiempo repetido más bajo			

Forma 18.1

En la hoja de medición de tiempos registramos algunas mediciones de los tiempos de ciclo de cada operación. Esto lo realizamos anotando el número de la operación en el proceso, la descripción del elemento del trabajo o el nombre de la operación y especificando en qué punto de la operación se toma para completar los ciclos de operación.

Capacidad de operación

En la hoja de capacidad de operación (forma 18.2) se describe la capacidad de operación en cada etapa del proceso, tomando en cuenta el tiempo estándar manual y/o automático de cada fase del proceso. También se describe el tiempo que toma el cambio en cada secuencia de operación. El resultado final es la capacidad de producción de cada operación. Este dato se da en unidades de tiempo por pieza.

Esta hoja nos sirve para determinar si el proceso es capaz de trabajar al ritmo del tiempo *takt* y para confirmar las restricciones del sistema.

Asimismo, será de utilidad para establecer las restricciones del sistema, que serán las que marquen el ritmo de producción, y nos servirá para alimentar el mapa de valor.

Tabla combinada de operaciones estandarizadas

La tabla combinada (forma 18.3) nos permite ver gráficamente la secuencia de producción y diseñar la secuencia para optimizar la capacidad. También es útil para balancear la carga de trabajo de cada operación de acuerdo con el tiempo *takt*.

Observemos con detalle el tiempo de cada operación para darnos cuenta de que hay actividades que se podrían combinar con otras para optimizar el tiempo, dadas las condiciones en un estado futuro, y asignar responsabilidades de tareas específicas a cada operador.

Fecha:

Gerente			CAPACIDAD DE OPERACIÓN	Número de parte		Tipo de producto		Sección	
Asistente				Nombre		Partes/ producto		18.2	
								Tiempo disponible	

Secuencia	Nombre del proceso	Número de máquina	Manual		Automático		Total		Cambios de herramental		Capacidad de manufactura	Observaciones
			Min.	Seg.	Min.	Seg	Min.	Seg	Intervalo de cambios	Tiempo de cambio		

Forma 18.2

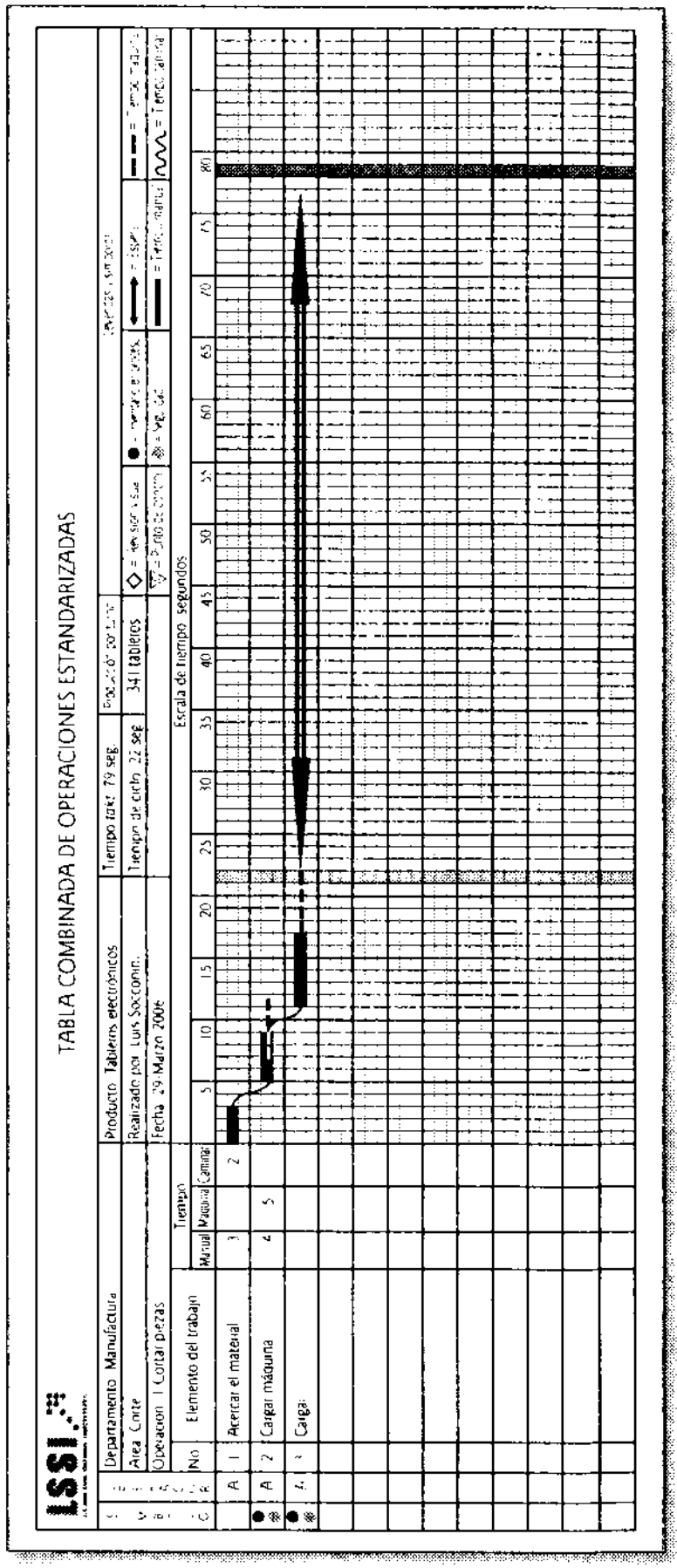


TABLA COMBINADA DE OPERACIONES ESTANDARIZADAS
Departamento Manufactura
Area Corte
Operacion 1 Cortar piezas
Producto Tableros electrónicos
Realizado por Luis Soccorro
Fecha 29 Marzo 2006
Tiempo takt 79 seg.
Tiempo de ciclo 22 seg.
341 tableros
Escala de tiempo segundos
No
Elemento del trabajo
Manual
Maquina
Caminar
Acercar el material
Cargar máquina
Carga

Forma 18.3

En esta tabla podemos ver que en la operación de corte se realizan 3 actividades con un tiempo de ciclo de 22 segundos y que el tiempo *takt* es de 79 segundos, por lo que se tiene un tiempo de espera de 57 segundos que se podría aprovechar para compartir algunas tareas de otra operación en el momento que se establezca el flujo continuo.

Hoja de trabajo estándar

En la hoja de trabajo estándar (forma 18.4)se presenta el diseño del proceso (*layout*) con el operador y el flujo del material, para establecer los movimientos más eficientes de acuerdo con las operaciones estáticas y dinámicas; se pueden observar las distancias; y, en general, se analizan las operaciones en grupo.

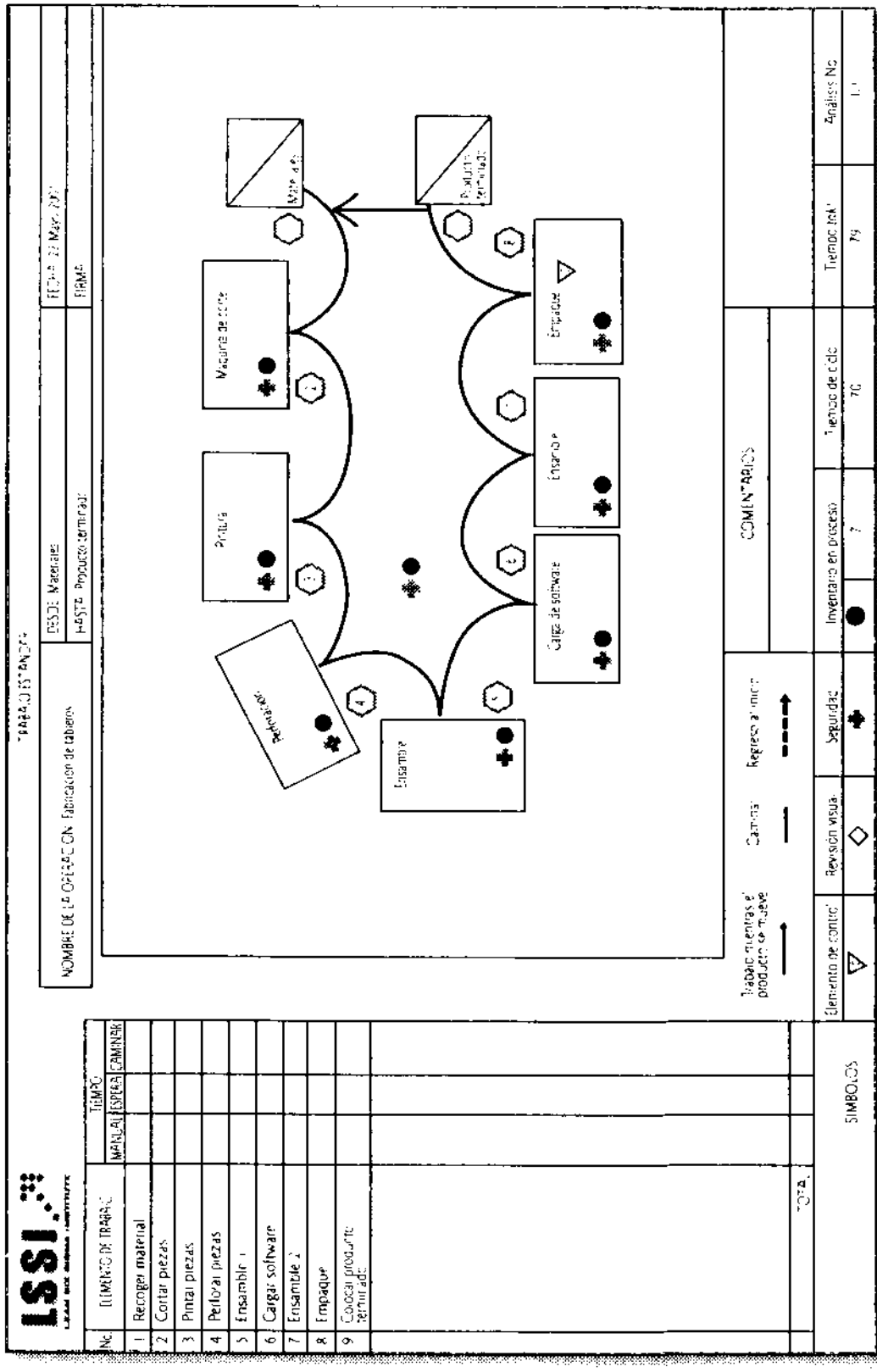
En este esquema se presentan las operaciones estáticas y dinámicas, las distancias y recorridos de los operadores y se analiza todo el proceso en su conjunto para tener una visión clara de la secuencia de las operaciones y su flujo.

Para fortalecer la creación de este documento es necesario generarlo y validarlo junto con los operadores que laborarán diariamente en el área.

Instrucciones de operación

Las instrucciones de operación (forma 18.5) deben ser realizadas por los ingenieros de procesos o líderes de cadena de valor de manera que cada paso del proceso se entienda adecuadamente y que cualquier operador entienda rápida y claramente cada paso de su operación. La generación de los instructivos fortalece la estandarización de los procesos porque con ayudas visuales puede darse a entender cualquier proceso, incluso administrativo, y es un elemento del sistema de control visual (visto en el capítulo 8 de este libro).

Para la creación de los instructivos del proceso se recomienda que participen operadores, ingenieros y personal de calidad y de recursos humanos para que, en equipo, consideren todos los aspectos pertinentes en el desarrollo del proceso.


LSSI
DIAGRAMA DE PROCESOS
NOMBRE DE LA OPERACIÓN: Fabricación de taberna
DESDE: Materiales
HASTA: Producto terminado
FECHA: 22 Mayo 2009
FIRMA:
NO.
ELEMENTO DE TRABAJO
TIEMPO
MANUAL
ESPERA
CAMINAR
1 Recoger material
2 Cortar piezas
3 Pintar piezas
4 Perforar piezas
5 Ensamble 1
6 Cargar software
7 Ensamble 2
8 Empaque
9 Colocar producto terminado
TOTAL
Máquina de corte
Pintura
Perforadora
Ensamble
Carga de software
Ensamble
Empaque
COMENTARIOS
Trabajo mientras el producto se mueve
Caminar
Regreso al inicio
SIMBOLOS
Elemento de control
Revisión visual
Seguridad
Inventario en proceso
Tiempo de ciclo
Tiempo total
Análisis No.
7
70
74

Forma 18.4

No.	SECUENCIA DE OPERACIONES	PUNTOS CLAVE	ILUSTRACIONES
1	**Tome el material**	Tome el material con la mano derecha	2
2	**Fije el material en la mesa de trabajo**	Utilice abrazaderas para mantener fija la pieza	3
3	**Coloque las puntas en dirección al filo de la mesa**	Cuide que la pieza esté bien balanceada en ambos lados	4
4	**Corte la pieza a la medida establecida**		
5	**Ponga las piezas cortadas en la mesa siguiente**		

REGISTO DE CAMBIOS

Fecha	Rev.	Descripción del cambio	Sup.	Aprob.
12/01/2007	00	Edición inicial	7	56

CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD

El equipo de seguridad debe ser utilizado en todo momento

FIRMAS

Fecha	Turno	Supervisor	Operador		

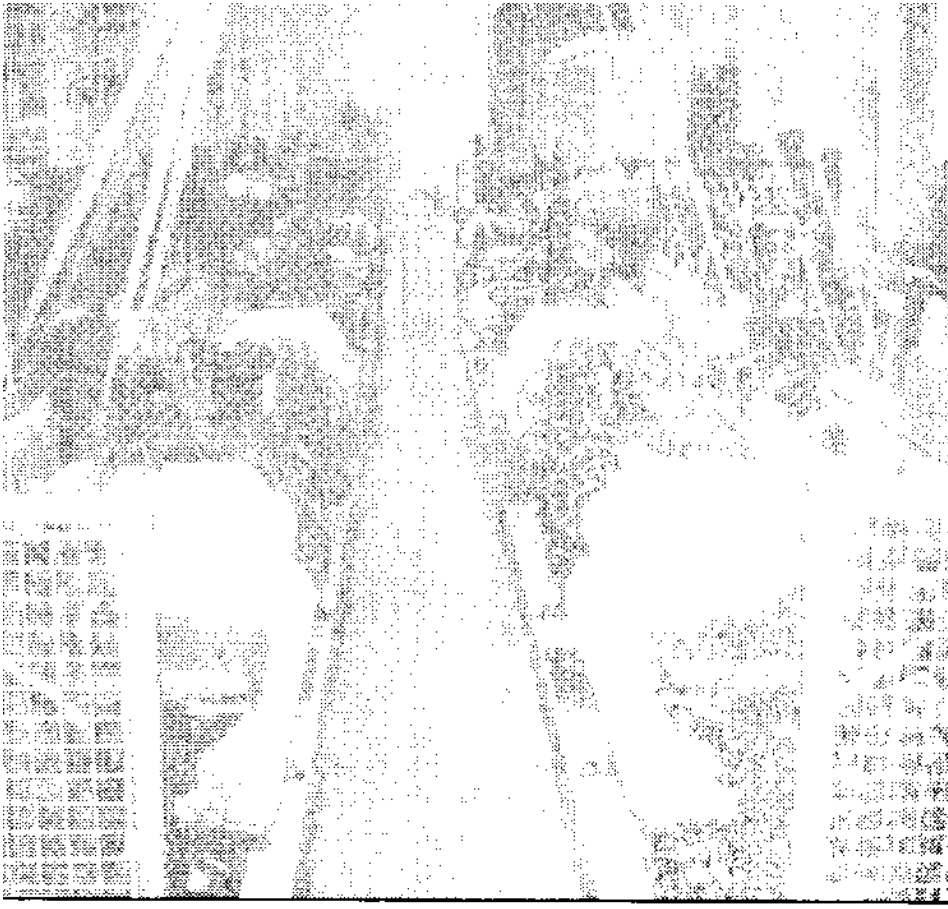
Forma 18.5

Aspectos que considerar al aplicar el trabajo estándar

- La documentación del trabajo estándar constituye documentos vivos, por lo que se debe revisar y validar continuamente.
- Estos documentos deben considerarse en la implementación:
  - Eventos *kaizen*.
  - Manufactura celular.
  - Cambios rápidos de producto (SMED).
  - Mantenimiento productivo.
  - *Kanban*.
  - Mejoras ergonómicas y de seguridad.
- Estos documentos se deben realizar siempre con la colaboración de los operadores.

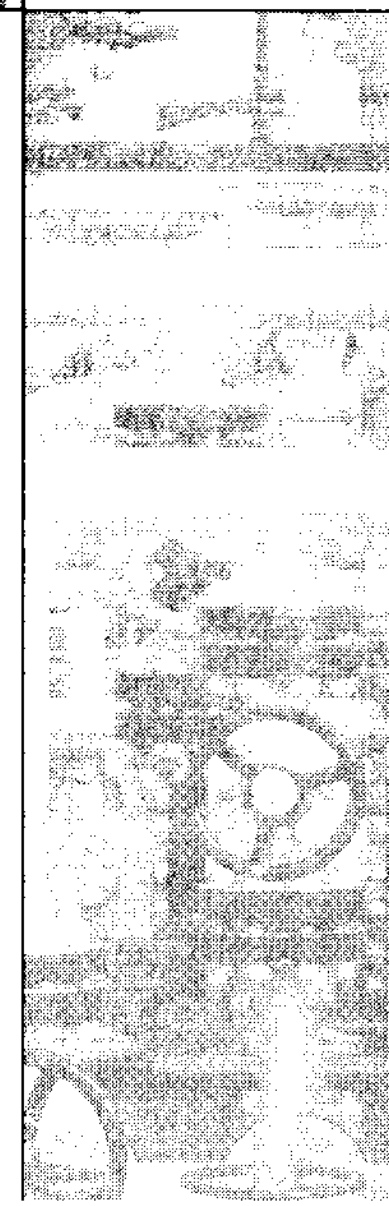
Archivos y formas aplicables

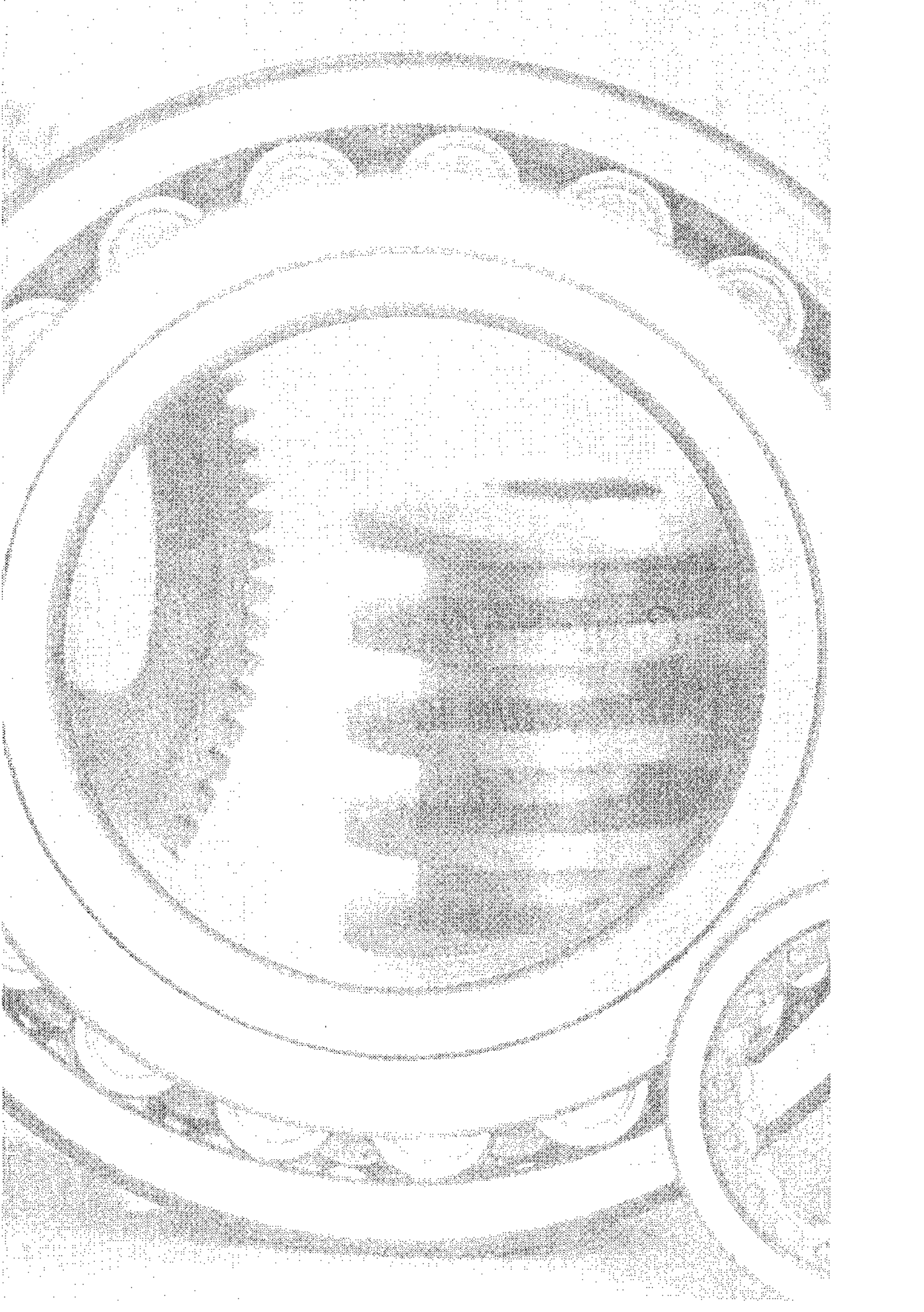
Forma 18.1, "Hoja de medición de tiempos".
Forma 18.2, "Capacidad de operación".
Forma 18.3, "Tabla combinada de operaciones estandarizadas".
Forma 18.4, "Trabajo estándar".
Forma 18.5, "Instrucciones de operación".



CAPÍTULO 19

Contabilidad Lean *para la toma de decisiones*





Antecedentes

En las empresas que han iniciado un cambio *Lean* y no consideraron desde el principio la aplicación de la contabilidad *Lean* (*Lean Accounting*), dicho cambio parece no haber tenido un beneficio tangible en sus resultados financieros y contables, por lo que a veces se preguntan si realmente *Lean Manufacturing* tendrá un beneficio tangible en términos de beneficios económicos. También es común ver que el equipo de contadores y financieros no participa activamente en el proceso de transformación *Lean* y que sólo parece ser una iniciativa de manufactura. Es por eso que *Lean Accounting* busca analizar, desde un punto de vista muy crítico, las ventajas de los cambios *Lean* en términos no sólo de beneficios económicos sino también de modificación de la conducta.

"Dime cómo me mides y te diré cómo me comporto."

Eli Goldratt

En la contabilidad tradicional no existen métodos para entender los beneficios de los cambios *Lean* y en ocasiones los contadores y financieros no cuentan con métodos simples para transformar los cambios *Lean* en mejoras financieras.

La toma de decisiones también debe ser ágil, por lo que la contabilidad *Lean* provee mejores maneras de conocer los beneficios en costos, gastos y condiciones cambiantes del negocio, que un sistema tradicional no permite ver.

Lean Accounting provee una manera muy sencilla de entender en dónde están los costos y en dónde está el valor.

Definición

La contabilidad ágil o esbelta (*Lean Accounting*) es un método innovador para obtener datos, convertirlos en información valiosa y generar

indicadores que apoyen el plan estratégico de la compañía, y para entender el mundo de los costos e indicadores clave de la compañía.

Lean Accounting proporciona:

- Mediciones esbeltas que reemplazan a las tradicionales.
- Métodos para identificar los impactos financieros de las mejoras *Lean*.
- Una mejor manera de entender el costo de los productos y el costo de la cadena de valor (*value stream*).
- Nuevas maneras de tomar decisiones relacionadas con el precio y la rentabilidad.
- Mejores maneras de decidir entre comprar o fabricar.
- Una manera de enfocar el negocio alrededor del valor creado por los clientes.

¿Para qué se implementa *Lean Accounting*?

Algunas de las razones para implementar *Lean Accounting* son las siguientes:

- Proporciona información para tomar mejores decisiones *Lean*/esbeltas.
- Reduce tiempo, costos y desperdicio gracias a la eliminación de transacciones y sistemas innecesarios.
- Identifica los beneficios potenciales de las iniciativas de mejora *Lean* y se enfoca en las estrategias requeridas para alcanzar estos beneficios.
- Motiva las mejoras *Lean* a largo plazo al proporcionar información y estadísticas con un enfoque *Lean*.
- Agrega directamente valor al cliente eslabonando medidas de desempeño a los medios de la creación de valor y manejando los cambios para maximizar dicho valor.

- Proporciona métodos para identificar el impacto financiero de las mejoras de *Lean Manufacturing*.
- Proporciona una mejor forma de entender los costos, los costos de los productos y los costos de la cadena de valor (*value stream*).
- Proporciona métodos para eliminar una gran cantidad de desperdicio de los sistemas de contabilidad, controles y mediciones.
- Proporciona tiempo libre a la gente de finanzas para trabajar en las mejoras *Lean*.
- Proporciona nuevas formas para tomar decisiones administrativas relacionadas con precios, utilidades, hacer o comprar, nacionalización de productos y clientes, etcétera.
- Constituye un camino para enfocar el negocio alrededor del valor creado para los clientes.

¿Cuándo se utiliza *Lean Accounting*?

Lean Accounting se aplica durante todas las etapas de la implementación de *Lean Manufacturing*. En la primera etapa, que se refiere a la creación de células piloto, se lleva a cabo la implementación de los indicadores básicos operativos para células de manufactura; en la segunda etapa, la de maduración, se implementa un cuadro de resultados (*box score*) que permite llevar indicadores operativos y financieros para la toma de decisiones, y en la última etapa se incorporan indicadores clave para medir el desempeño de la corporación.

¿Cuánto tiempo toma implementar *Lean Accounting*?

Fase 0. Preparación	1-2 meses
Fase 1. Aplicación de mediciones *lean* en células piloto	2-3 meses

Fase 2. Administración por cadenas de valor	6-12 meses
Fase 3. Maduración	Continuo

Procedimiento para implementar *Lean Accounting*

Fase 0. Preparación

En la fase de preparación se debe capacitar al personal de finanzas y a los líderes de la implementación en los siguientes temas (esta preparación dura de 40 a 80 horas):

1. Introducción a *Lean Accounting*.
2. Diagnóstico *Lean Accounting*.
3. Importancia de las mediciones.
4. *Box score*.
5. Estados financieros.
6. Contabilidad operacional.
7. Contabilidad administrativa.
8. Contabilidad de costos.
9. Implementación.

También es importante establecer una línea base para el inicio de *Lean Accounting* a fin de darnos cuenta de los beneficios que *Lean Manufacturing* está generando en términos contables. Podemos comprender lo anterior si establecemos los valores antes y después en una tabla como la siguiente:

Mediciones del proyecto de *Lean Manufacturing*			
Línea o proceso:		Fecha:	
Beneficios tangibles			
	Antes	Después	Comentarios
Número de operadores			
Área	m^2	m^2	
Demanda actual			
Tiempo de entrega	seg.	seg.	
Inventario			
Rotación del inventario			
Producto en proceso			
Tiempo para cambios			
Costo de la no calidad			
Costo de conversión			
Lotes			
Partes por operador			
Capacidad de producción			

Forma 19.1

Fase 1. Aplicación de mediciones *Lean* en células piloto

Una empresa que ha iniciado esta etapa puede emprender las siguientes acciones:

- Calcular los beneficios de los cambios *Lean*.
- Eliminar varios reportes.
- Identificar cadenas de valor.
- Eliminar desperdicios.
- Implementar flujo continuo.
- Reducir tiempos de cambio.
- Implementar mantenimiento productivo.

En esta etapa se establecen las siguientes mediciones en las áreas piloto:

Reporte diario por hora

La medición fundamental del desempeño *Lean* es el reporte diario por hora, el cual monitorea el éxito de la celda para alcanzar el tiempo *takt*.

Las celdas *Lean* están diseñadas para alcanzar un tiempo de ciclo predeterminado para el producto fabricado. Este tiempo está determinado por el tiempo *takt* requerido por la demanda del cliente.

El reporte diario por hora monitorea la habilidad de la celda para alcanzar el tiempo *takt* y proporciona retroalimentación rápida cuando ocurren los problemas.

Esta información se reporta en un tablero localizado dentro de la celda y muestra la cantidad de producción necesaria cada hora para cumplir con el tiempo *takt* del cliente.

HORA	PLAN	REAL	DIFERENCIA	TOTAL PLAN	TOTAL REAL	DIFERENCIA ACUMULADA
8:00 – 9:00	20	13	−7	20	13	−7
9:00 – 10:00	20	10	−10	40	23	−17
10:00 – 11:00	16	21	+5	56	44	−12
11:00 – 12:00	20	10	−10	76	54	−22
12:00 – 13:00	20	22	+2	96	76	−20
13:00 – 14:00	20	0	−20	116	76	−40
14.00 – 15:00	16	25	+9	132	101	−31
15:00 – 16:00	18	12	−6	150	113	−37

Figura 19.1

Reporte de producción a la primera (first time through)

El propósito de este reporte es monitorear la celda en cuanto a la obtención de productos buenos en la primera ocasión.

Es una medición de la efectividad de la celda en el trabajo estandarizado.

El trabajo estandarizado es una característica esencial de *Lean Manufacturing*.

Los dos principales propósitos del trabajo estandarizado son asegurar que el producto se haga correctamente y que se cumpla con el tiempo de ciclo de producción de la celda.

Los operadores de la celda son capacitados para completar el proceso de producción exactamente de acuerdo con el trabajo estandarizado.

El reporte de "producción a la primera" de la celda muestra el porcentaje de producto hecho en la celda sin necesidad de retrabajo, reparación o desperdicio.

Obtención de la medición de producción a la primera

$$\frac{\text{Total de unidades procesadas} - \text{rechazos o retrabajos}}{\text{Total de unidades procesadas}}$$

Ejemplo

Unidades totales = 40
Unidades retrabajadas = 3

$$\text{Producción a la primera} = \frac{40 - 3}{40} = 92.5\%$$

WIP to SWIP

El reporte *WIP to SWIP* muestra el nivel de inventario en la celda.

WIP es el trabajo en proceso y *SWIP* es el trabajo estándar en proceso.

Las celdas están diseñadas para tener una cierta cantidad de inventario. Con frecuencia, este inventario es determinado por el número de *kanbans* entre los centros de trabajo de la celda.

El propósito de los *kanbans* es proteger el proceso de producción dentro de la celda contra demoras o problemas, así como mantener el flujo de producción de pieza en pieza.

Cálculo del reporte **WIP to SWIP**

Como vimos en el capítulo 16, el *WIP to SWIP* se calcula dividiendo la cantidad de inventario dentro de la celda entre la cantidad de *SWIP*.

Inventario total en la celda ÷ Inventario estándar de la celda.

El resultado ideal es 1, lo cual significa que el *WIP* es igual al *SWIP*.

Si el resultado es mayor que 1, entonces se tiene mucho inventario en la celda.

Si el resultado es menor que 1, entonces se tiene poco inventario y existe el riesgo de que la celda se quede corta de producción.

Reporte *WIP to SWIP*

Semana 22

	SWIP	*WIP*	Resultado
Lunes	10	11	1.10
Martes	10	9	0.90
Miércoles	10	10	
Jueves	10	7	0.70
Viernes	10	14	1.40
Sábado	10	16	

Forma 19.2

Efectividad Total de los Equipos u OEE (vea el capítulo 9, "Mantenimiento productivo total")

OEE = disponibilidad × eficiencia × calidad

Esta medición representa el tiempo realmente efectivo en una jornada o periodo de fabricación, el cual se ve afectado por las grandes pérdidas que ocurren en los equipos, como las siguientes:

- Descomposturas.
- Tiempos de cambio.
- Reducción de la velocidad.
- Paros menores.
- Defectos de calidad.
- Retrabajos.

Ejemplo

Disponibilidad = 80%
Eficiencia = 92%
Calidad = 95%

OEE = 70%

Rendimiento totalizado global

El rendimiento totalizado representa una forma de medir todos los pasos del proceso considerando el rendimiento en calidad de cada uno de ellos y buscando entender el desempeño global del proceso.

Cálculo del reporte RTG

Paso 1	Entran 1000 a proceso	Salen 980	Rendimiento = 98%
Paso 2	Entran 980 a proceso	Salen 950	Rendimiento = 97%
Paso 3	Entran 950 a proceso	Salen 900	Rendimiento = 95%

Rendimiento totalizado = rendimiento 1 × rendimiento 2 × rendimiento 3

$$RTG = .98 \times .97 \times .95 = 90\%$$

Esto significa que existe una probabilidad de 90% de que una pieza complete cada paso con cero defectos.

Entrenamiento cruzado

Un requisito para que la manufactura celular funcione satisfactoriamente es que los operadores conozcan las operaciones para poder balancear el trabajo e intercambiar funciones. Esta medición nos servirá para que los operadores estén conscientes de su nivel de preparación en los diferentes trabajos y se implemente un vigoroso programa de capacitación.

LSSI
LEAN SIX SIGMA INSTITUTE

Programa de certificación multihabilidades

Nombre	Cortar				Pintar				Perforar			
	Opera	Mantiene	Prepara	Enseña	Opera	Mantiene	Prepara	Enseña	Opera	Mantiene	Prepara	Enseña
Jorge Ulloa	4	3	3	0	1	1	1	0	4	4	4	4
Pedro Infante	4	4	4	4	2	2	2	1	4	4	2	2
Diego Reyes	4	3	3	2	3	3	3	2	4	4	0	0
Óscar Sánchez	2	3	3	2	4	4	4	1	2	4	0	0
Claudia Santos	2	3	2	1	4	3	3	1	2	4	0	0
Teresa García	2	4	2	1	0	0	0	0	3	4	0	0
Francisco Saldívar	2	2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1

0 = No concoce la actividad
1 = Aprendiz
2 = Ayudante
3 = Puede realizarlo
4 = Lo domina completamente

Forma 19.3

Sistema de medición del desempeño

Con el fin de llevar los conocimientos a la práctica, y ahora que las células de producción se encuentran funcionando, necesitamos una manera de medir el desempeño del equipo y no el de las personas. Una de las principales aportaciones de *Lean Accounting* es dejar de medir personas para medir procesos en equipo.

Para este fin se propone utilizar un sistema de evaluación del desempeño basado en resultados grupales e individuales:

Indicador	Objetivo	Valor
Producción	100 piezas	30 puntos
Defectos	0 defectos	20 puntos
OEE	68%	15 puntos
Entregas a tiempo	100%	10 puntos
Auditoría de la estación	0 amonestaciones	10 puntos
Asistencia	0 faltas	10 puntos
Puntualidad	0 retardos	5 puntos
	Total	**100 puntos**

Forma 19.4

En este ejemplo se muestra una evaluación en donde los primeros cuatro indicadores evalúan el desempeño en equipo, mientras que los dos últimos evalúan el trabajo individual. Como se puede observar, el enfoque se centra en el trabajo en equipo y en los logros que se tengan, modificando principalmente la conducta y la actitud hacia el trabajo, ya que ahora el personal no sólo buscará el bien individual sino también la participación de sus compañeros para lograr los resultados.

Con este sistema de evaluación se puede establecer un sistema de incentivos que se traduzcan en beneficios para las personas que trabajan en este esquema.

Algunos de los beneficios de implementar *Lean Manufacturing* en células piloto son:

- Celdas de producción *Lean* implementadas exitosamente.
- Capacitación extensa en los principios *Lean*.

- Flujo jalar en áreas piloto.
- Cambios rápidos de producto.
- Trabajo estandarizado.
- Calidad en la fuente e inspección realizada por el operador.

Algunos de los beneficios de implementar *Lean Accounting* en células piloto son:

- Mediciones de desempeño *Lean* en las celdas de producción.
- Cálculo del impacto financiero de las mejoras *Lean*.
- Eliminación de muchas de las transacciones.
- Identificación de los indicadores primarios de costo y desempeño.

Fase 2. Administración por cadenas de valor

Al inicio de la fase de administración por cadenas, todos los integrantes de la empresa conocen ampliamente la manufactura celular. Podemos decir entonces que hemos aprendido buenas lecciones de mejora al haberla aplicado primero en áreas piloto. También tenemos un piso impecable por la aplicación de las 5's, y con los controles visuales se ha demostrado que pueden entenderse rápidamente todos los indicadores clave de las células de producción.

En esta fase los equipos de mejora *kaizen* ya comprenden la importancia del trabajo organizado y bien enfocado y están listos para iniciar una transformación en toda la compañía.

El sistema *kanban* se ha integrado en la célula piloto y se puede iniciar con la preparación de la información para implementarlo en las demás áreas. Los inventarios son relativamente bajos y son consistentes.

En la fase de administración por cadenas de valor se introduce un cuadro de resultados, comúnmente llamado *box score* o tablero de resultados, el cual es un elemento clave en la toma de decisiones y es una herramienta que conecta la planeación estratégica (vea el capítulo 4, "Estrategia *Hoshin Kanri*") con la ejecución y la toma de decisiones a corto plazo.

Esta herramienta se compone de tres secciones, una para los indicadores operativos, la segunda para el uso de la capacidad y la tercera para los resultados financieros.

El siguiente es un ejemplo de un *box score* utilizado en la toma de decisiones.

BOX SCORE	Objetivo	Cumplimiento	1 07-Ene	2 14-Ene	3 21-Ene	4 28-Ene	5 04-Feb	6 11-Feb
Unidades por persona	21		14.00	16.00	18.00	20.00	19.00	23.00
Envíos a tiempo	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tiempo de entrega (días)	4		3	4	1	3	4	5
Días de puerta a puerta	3		6	12	23	14	9	7
Calidad a la primera	95%		80%	80%	80%	85%	85%	85%
Nivel Sigma	3		4.10	4.30	4.11	4.32	4.70	4.34
Costo de la no calidad	$ 250		$ 2,345	$ 3,112	$ 645	$ 345	$ 1,245	$ 3,124
Costo promedio del producto	$ 300		$ 343	$ 337	$ 362	$ 338	$ 337	$ 325
Valor del inventario	$ 545,000		$ 3,004,234	$ 2,334,756	$ 2,945,893	$ 2,564,392	$ 1,945,678	$ 1,234,975
Vueltas de inventario	12		4.50	4.00	6.70	7.10	8.30	9.00
Costo de mantenimiento	$ 500		$ 2,820	$ 645	$ 2,323	$ 976	$ 1,733	$ 756
Evaluación 5's	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%
OEE	85%		70%	73%	75%	79%	81%	81%
Tiempo de lanzamiento NP	25 días		42	42	42	42	37	37
[illegible]			29%	[illegible]	29%	[illegible]	28%	[illegible]
[illegible]			54%	[illegible]	54%	[illegible]	52%	[illegible]
[illegible]			17%	[illegible]	17%	[illegible]	20%	[illegible]
Ingreso			$ 432,050	$ 384,870	$ 422,456	$ 389,754	$ 389,455	$ 456,032
Costo de material			$ 189,000	$ 125,679	$ 167,453	$ 133,456	$ 133,234	$ 197,034
Costo de conversión			$ 131,200	$ 130,242	$ 132,000	$ 132,426	$ 128,034	$ 111,342
Utilidad bruta del value stream			$ 111,850	[illegible]	$ 123,003	[illegible]	$ 128,187	[illegible]
Retorno de la cadena			25.89%	33.50%	29.12%	31.78%	32.91%	32.38%

Figura 19.2

En el área amarilla se encuentran los indicadores operativos que deben dar información sobre el avance de las iniciativas relacionadas con las operaciones. En el área verde se encuentran los porcentajes de cumplimiento de la demanda, capacidad de producción y capacidad disponible. Finalmente, en el área azul se encuentran los indicadores financieros que nos permiten hacer un sencillo balance para saber qué tan rentable es la cadena de valor aun sin información contable que tenga que obtenerse mensual o trimestralmente.

El rol del personal de finanzas

El equipo financiero y contable pasa de un estado pasivo en la toma de decisiones operativas a un estado proactivo, en el que dirige en gran parte el camino hacia una empresa de clase mundial analizando los métricos y tomando decisiones a corto plazo. En la implementación de *Lean Manufacturing*, el personal de finanzas pasa al menos la mitad de su tiempo analizando tendencias e indicadores y trazando el rumbo de la empresa, ya que este proceso tiene un enfoque estratégico.

¿Por qué el costeo Lean es tan sencillo?

El costeo de la cadena de valor es simple debido a que no se reúnen los detallados costos actuales de trabajos o productos en producción. Los costos se recolectan para el total de la cadena de valor y se suman en periodos semanales. Los costos de la gente simplemente se suman a los salarios y a los beneficios directos pagados a la gente que trabaja en la cadena de valor. Esto se obtiene del sistema de nóminas.

El resumen del costo de material también se obtiene semanalmente. Todas las compras son asignadas al centro de costos de la cadena de valor, y lo mismo sucede con los suministros, herramientas y otros costos. Éstos simplemente se aplican al centro de costos de la cadena de valor y se obtienen del proceso de cuentas por pagar.

Realmente es un proceso muy sencillo cuando las condiciones de operación permiten un flujo continuo, y el esfuerzo de

costos e ingeniería se puede enfocar mejor a un trabajo en equipo para detectar variaciones en el costo, ya que de esto depende también la decisión sobre los precios.

El costeo estándar es un método completo y bueno de cálculo del costo del producto para compañías que están involucradas en métodos de producción en masa. El costeo estándar está estructurado con base en las suposiciones acerca de los procesos de producción. Estas suposiciones pueden ser válidas para manufacturas tradicionales realizadas por lotes de fabricación.

En la manufactura tradicional, cada producto tiene su propia y única ruta de producción.

En *Lean*, los productos que tienen flujos de producción similares son agrupados en una cadena de valor. Estos grupos simplifican grandemente el proceso de costeo, pues así veremos el costo de la cadena de valor como un todo.

Por lo general, la tasa del flujo a través de la cadena de valor está determinada por la tasa de flujo del producto a través de la operación cuello de botella dentro de la cadena de valor. El número de unidades que pueden ser embarcadas está limitado por el número de unidades que pueden ser procesadas a través de la operación cuello de botella.

La celda o la cadena de valor solamente puede trabajar tan rápido como la operación más lenta o cuello de botella.

Para el costo de los productos se necesitan los siguientes datos:

Costo de conversión. Son los gastos incurridos en el periodo e incluyen sueldos, energía, gastos de soporte administrativo, renta, etc., es decir, todo aquello que se debe pagar aun si no se produce nada. Por lo general se obtienen semanalmente y se dividen entre las horas trabajadas en la semana, para obtener un costo de conversión por hora.

Para llevar un control del costo de conversión debe prepararse una tabla como la siguiente para tener un control preciso y a corto plazo de los costos de cada cadena de valor:

Forma 19.5

Costos de conversión

	Costo de material	Costo externo	Costo empleado	Costo de máquina	Otros costos	Costo de conversión
Servicio al cliente			$12,108			**$12,108**
Compras			$16,145			**$16,145**
Logística	$358,512		$17,080	$16,956	$20,000	**$54,036**
Surtido de materiales	$ 25,608		$23,485	$ 2,016		**$25,501**
Prueba y retrabajo			$17,080	$ 3,528		**$20,608**
Ensamble	$128,040		$10,675			**$10,675**
Embarque			$ 2,669			**$ 2,669**
Aseguramiento de la calidad			$ 8,073			**$ 8,073**
Ingeniería de manufactura			$ 8,073			**$ 8,073**
Mantenimiento			$ 8,073			**$ 8,073**
Contabilidad			$ 8,073			**$ 8,073**
Sistemas de información			$ 4,036			**$ 4,036**
Ingeniería de diseño		$7,760	$ 4,036			**$11,796**
TOTAL	**$512,160**	**$7,760**	**$139,606**	**$22,500**	**$20,000**	**$189,866**
				Horas por semana		**40**
				Costo de conversión por hora		**$4,747**

Costos de los materiales. Son los gastos incurridos en materiales y cualquier otro gasto totalmente variable cada vez que se produce y vende un producto.

Tasa de producción. Es el ritmo del sistema o célula completa para producir cierto número de parte.

Veamos un ejemplo para ilustrar este concepto:

En la empresa Lean Shop se tienen dos productos y se fabrican en la misma cadena de valor.

El costo de conversión para esta unidad de proceso es de 7000 dólares por hora.

	Producto 1	**Producto 2**
Costo de materiales	$435 por unidad	$553 por unidad
Tasa de producción	16 partes/hora	35 partes/hora

Costo del producto 1

Material	$435
Conversión	$437.5 (o sea $7000 ÷ 16)
Costo	**$872.5**

Costo del producto 2

Material	$553
Conversión	$200 (o sea $7000 ÷ 35)
Costo	**$753**

Si queremos tomar decisiones acerca de la utilidad o beneficio de los productos, podríamos dejar de tomar el margen de utilidad para tomar decisiones sobre precio y rentabilidad de cada producto. Deberíamos utilizar la velocidad de generación como el indicador primario, por ejemplo.

Tenemos tres productos: A, B y C, cuyos precios y costos son los siguientes

Análisis del margen por producto							
Producto	Precio de venta	Costo de materiales	Mano de obra directa	GIF	Costo total	Margen	Prioridad
A	$ 300.00	$ 174.00	$ 17.05	$ 40.80	$ 231.85	$ 68.15	1
B	$ 95.00	$ 62.00	$ 5.30	$ 12.69	$ 79.99	$ 15.01	3
C	$ 195.00	$ 140.00	$ 7.58	$ 18.14	$ 165.72	$ 29.28	2

Podemos ver que el producto mejor posicionado es el A, debido a que tiene un margen de $68, pero en el sistema *Lean* analizaremos un concepto adicional: la velocidad del cuello de botella, es decir, de la capacidad de producción o de venta.

Para el mismo ejemplo utilizaremos el proceso de decisión basado en la velocidad del sistema para generar utilidades.

Análisis de la contribución real						
Producto	Precio de venta	Costos variables	*Throughput*	Tiempo por parte (seg.)	*Throughput* por segundo	Número
A	$ 350.00	$ 170.00	$ 180.00	45	$ 4.00	2
B	$ 120.00	$ 78.00	$ 42.00	20	$ 2.10	3
C	$ 198.00	$ 122.00	$ 76.00	10	$ 7.60	1

En este caso los únicos datos que requerimos son el precio de venta y los gastos totalmente variables de cada producto, tomando en cuenta que los gastos de operación tienen que ser cubiertos independientemente de las decisiones que tomemos acerca de los productos.

Ahora tenemos que el mejor producto es el C, dado que nos da la mayor velocidad de generación con 7.6 dólares por segundo, seguido del A con 4 dólares por segundo y finalmente el producto B con 2.1 dólares por segundo.

Fase 3. Maduración

En la fase de maduración se introducen mediciones como costeo por objetivos, se eliminan muchas transacciones y se utilizan indicadores financieros para dirigir la mejora y el cambio.

Al iniciar esta fase, la compañía ya está organizada por cadenas de valor, existe una extensa cooperación entre

clientes y proveedores y la mejora continua ya es una forma de vida.

En el aspecto de *Lean Accounting* se utilizará el costeo por objetivos para entender el valor del cliente y en el diseño del producto para ligar el valor a los objetivos de negocio.

El mapeo de la cadena de valor ya se extiende a toda la cadena de suministro y gran parte de los procesos administrativos se están adelgazando o haciendo más ágiles. Las actividades rutinarias de la contabilidad se han automatizado.

En la fase de maduración y excelencia también es muy importante utilizar el indicador de ROI (retorno sobre la inversión), el cual explica en un solo número el resultado final de la compañía.

El ROI se obtiene de multiplicar el porcentaje de utilidad del periodo por la rotación de los bienes, mismos que se muestran en el diagrama de la siguiente página.

Con este esquema podemos entender el progreso de los cambios *Lean* desde un enfoque sistémico en el que podemos ver los componentes del retorno de la inversión.

Cuando realicemos una actividad *kaizen* destinada a reducir o eliminar desperdicios o excesos, es importante analizar el impacto en costos, gastos de operación e inventarios. El simulador que presentamos en Excel se puede utilizar para observar el impacto financiero; por ejemplo, si reducimos el inventario como resultado de un evento de mejora (*kaizen*), veremos que esta cantidad afecta el retorno sobre la inversión y tendremos una evaluación objetiva tomando un punto de vista sistémico, es decir, una mejora se ve reflejada en el sistema entero.

En las ramificaciones del porcentaje de utilidad de operación podemos observar los componentes y la relación que hay entre ellos. Vemos que la suma de los materiales más el gasto de la mano de obra más los gastos indirectos nos da el costo del producto, mismo que sumado a costos por vender más gastos de administración más impuestos nos da como resultado el costo de ventas. Y si a las ventas les restamos el costo de ventas, entonces tenemos las utilidades. Finalmente, la división de las utilidades entre las ventas nos da como resultado el porcentaje de utilidad sobre ventas.

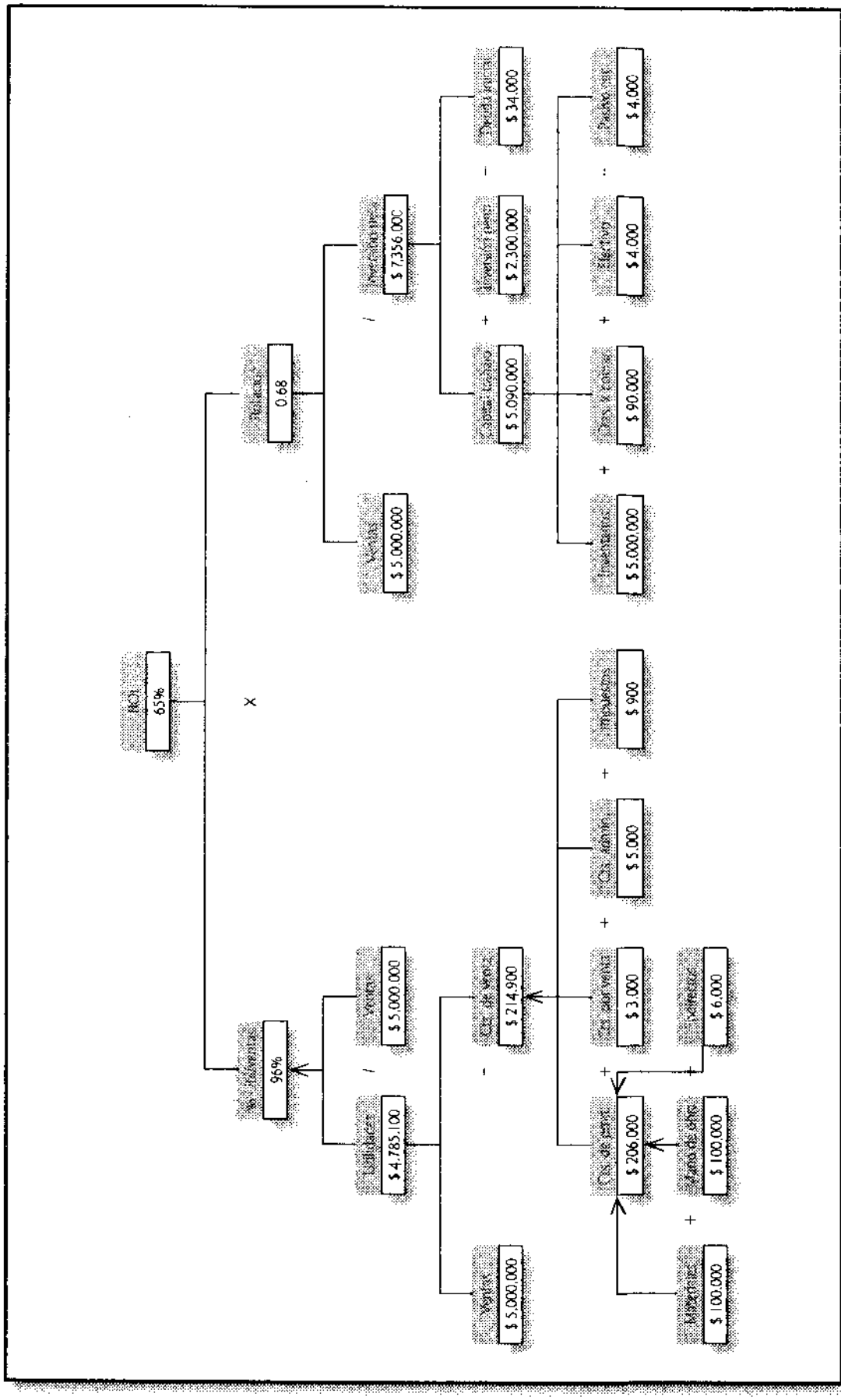

ROI
65%
X
Ventas
0.68
Ventas
$ 5.000.000
Utilidades
$ 4.785.100
Ventas
$ 5.000.000
Costos fijos
$ 5.090.000
Inversión (pasivo)
$ 2.300.000
Deuda (pasivo)
$ 34.000
Costos variables
$ 90.000
Electricidad
$ 4.000
Teléfono
$ 4.000
Inventarios
$ 5.000.000
Costos de ventas
$ 214.900
Ventas
$ 5.000.000
Costos de ventas
$ 3.000
Costos administrativos
$ 5.000
Insumos
$ 900
Costos de ventas
$ 206.000
Materiales
$ 6.000
Mano de obra
$ 100.000
Materiales
$ 100.000

Figura 19.3

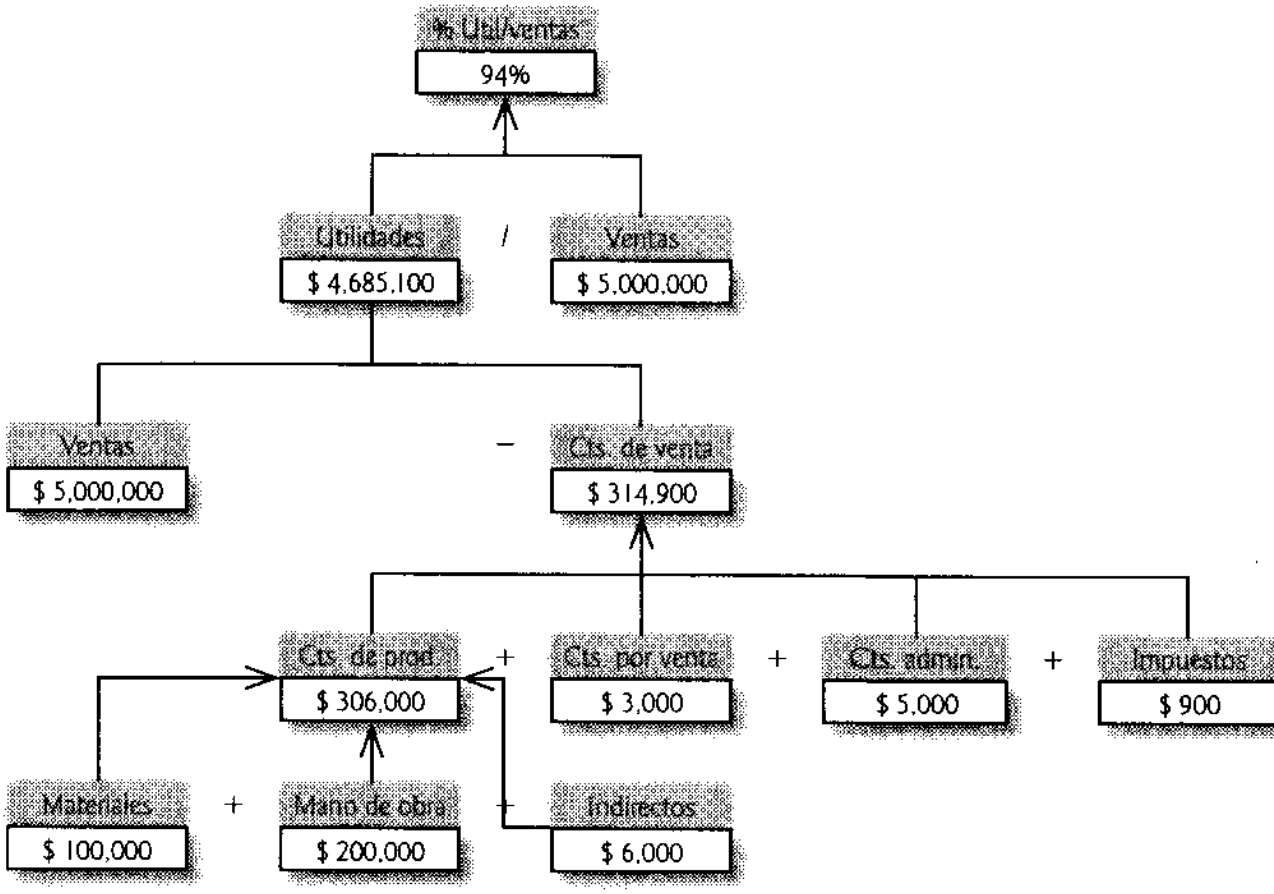


Figura 19.4

En la ramificación de la derecha, correspondiente a la rotación (figura de la página siguiente), vemos que la suma de los inventarios más las cuentas por cobrar más el efectivo menos el pasivo circulante nos da como resultado el capital de trabajo, y éste, sumado a la inversión permanente menos la deuda inicial, nos da la inversión neta; y si volvemos a comparar las ventas contra la inversión neta, entonces tenemos la rotación.

Finalmente, si multiplicamos el porcentaje de utilidad sobre las ventas podemos obtener el retorno sobre la inversión, el cual en un solo número nos indica el desempeño global del negocio.

En el estado maduro de la contabilidad *Lean* podemos encontrar aspectos administrativos en áreas de la contabilidad financiera, operacional y administrativa que irán evolucionando en la medida que se presenten los cambios de fondo. Tales cambios permitirán procesos contables más ágiles. Algunos ejemplos de estos cambios son:

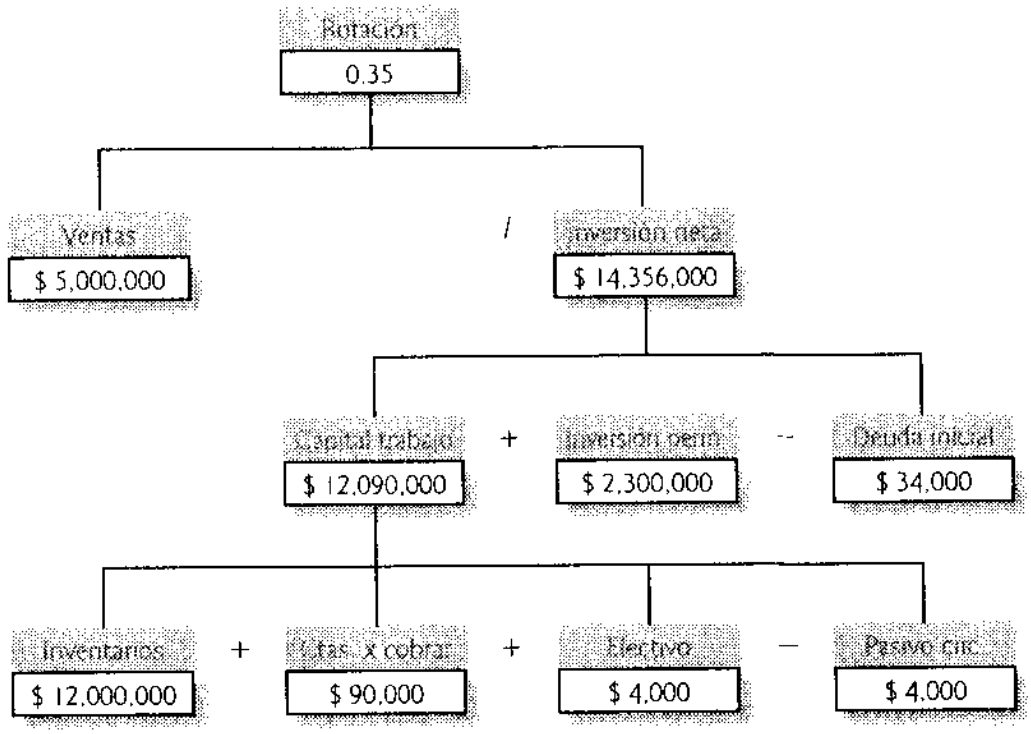


Figura 19.5

Cuentas por pagar. Pasar de muchos trámites para procesar los pagos a liberar los materiales directamente a la línea de producción y pagarlos directamente al proveedor por vía electrónica.

Cuentas por cobrar. Pasar de trámites complejos de procesar a pagos realizados directamente por medio de transferencias electrónicas relacionadas con el consumo real del producto.

Autorizaciones administrativas. Ir de liberaciones y revisiones de autorización a un punto en el que cada uno de los niveles de la cadena cuenta con autoridad y responsabilidad en el manejo del capital.

Cierres de mes. Cambiar los cierres mensuales que representan ajustes mayores por estados financieros que nos muestren la situación real en cualquier momento.

Costos de materiales. Dejar a un lado la asignación de costos de materiales acumulados al producto y trasladar los costos de materiales directamente, reduciendo el inventario y el tiempo de ciclo.

Mano de obra y gastos indirectos. Cambiar el rastreo y control monitoreado de la mano de obra para cada operación, cargando el trabajo realizado directamente a la producción de la cadena de valor.

Rastreabilidad del inventario. Ampliar la fiabilidad de la información eliminando la necesidad de realizar inventarios físicos.

Costo del producto. Dejar de asignar gastos indirectos de fabricación al costo y asignar los costos directamente a la cadena de suministro.

Alineación de la estrategia de la compañía y las metas. Pasar de valorar la eficiencia con base en metas y mediciones, sobre todo financieras, a un análisis estadístico que permita entender con precisión la variabilidad en los resultados.

Mediciones de desempeño. Pasar de resultados obtenidos a partir de análisis históricos a un análisis estadístico del proceso para medir el funcionamiento, incorporando objetivos Seis Sigma.

Presupuestos y planeación. Dejar de administrar presupuestos por cada uno de los departamentos y llevar los objetivos a nivel de celda.

Administración de la utilidad de los productos. Transformar el uso pasivo de los costos históricos en una utilización integral de las características del producto para ligarlo directamente con el cliente.

Rol del personal de finanzas. Transformar el concepto de las personas del área de finanzas, convirtiéndolas de evaluadores del desempeño a miembros integrales de la cadena de suministro.

Mejora continua. Trasladar el desperdicio, dejando de esconderlo dentro de los indicadores de los estados financieros, a un lugar que lo coloque como la primera meta de trabajo y mejora.

Facultamiento y aprendizaje. Replantear el uso de las mediciones de desempeño, convirtiéndolas en una herramienta que permita a los empleados aprender y mejorar de manera proactiva y creativa arrasando y ampliando la capacidad disponible.

Beneficios financieros de los cambios *Lean*. Dejar de ver sólo beneficios aislados de los cambios *Lean* en la reducción de costos y la mejora de la eficiencia, utilizando la información de las ventajas financieras en ventas y el planteamiento de estrategias de negocio.

Organización por *value stream*. Dejar de ser una organización funcional por departamentos, reorganizando la compañía a lo largo de la cadena de suministro y eliminando los departamentos funcionales.

Valor del cliente y costeo por objetivos. Dejar de administrar por productos, avanzando más allá de las metas *Lean* y modificando las características de nuestros productos para requisitos particulares y necesidades del cliente.

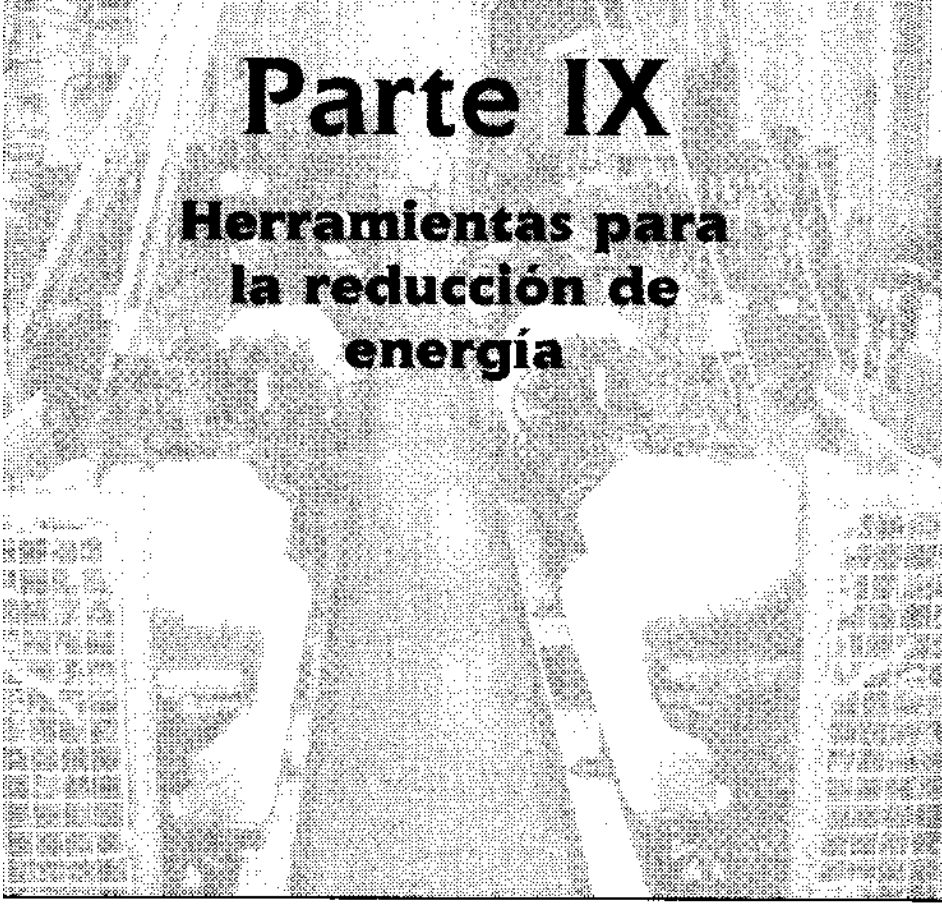
Recompensas y reconocimiento. Pasar de desempeño por iniciativas en reducción de costos a un programa que comparta las ganancias para recompensar financieramente a cada persona por el logro de las metas *Lean*.

Archivos y formas aplicables

19_lean_accounting.xls.

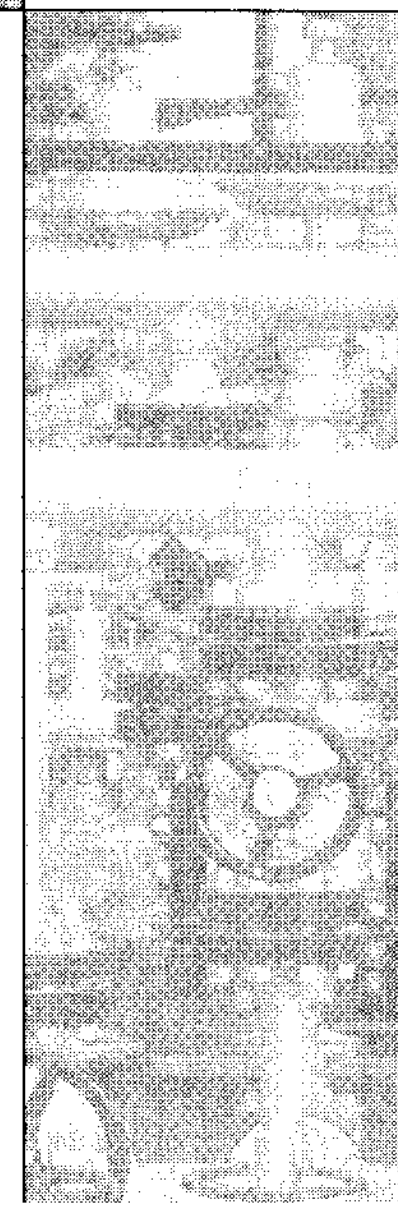
Parte IX

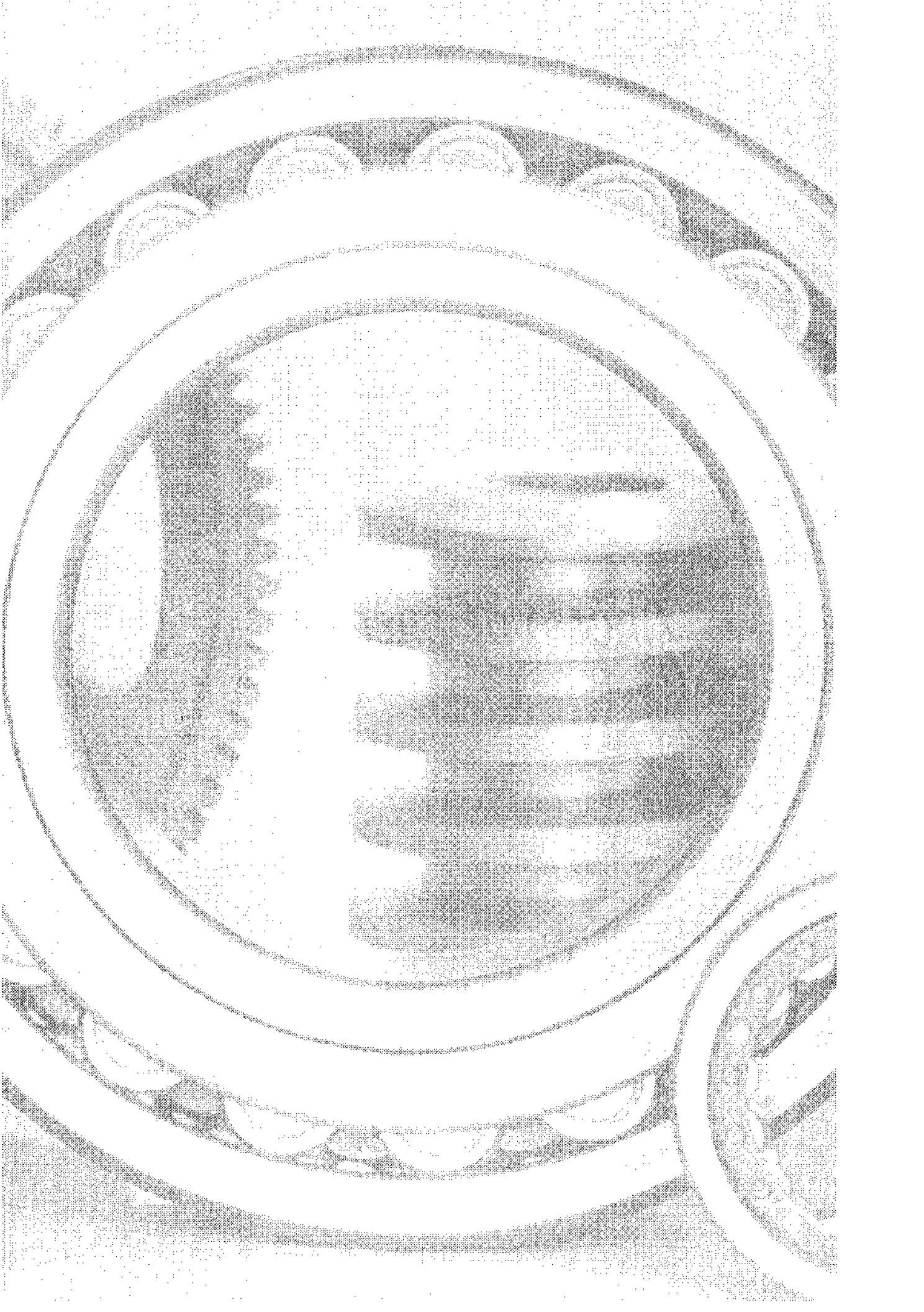
Herramientas para la reducción de energía



20

Ahorro de energía





Antecedentes

Normalmente el ahorro de energía no está considerado como un proyecto común entre las empresas tradicionales, ya que por lo general simplemente se pasa el recibo de pago al departamento de pagos y ellos cubren el gasto.

Pocas personas conocen a detalle su recibo de consumo eléctrico y muchas menos hacen un análisis detallado de los consumos, del uso y, sobre todo, de la detección de desperdicio de energía.

Simplemente no se conoce el costo de la energía agregada a los productos y servicios que se realizan. De ahí la importancia de introducir en este capítulo el tema del ahorro energético y sus múltiples alternativas para reducir el consumo y, por lo tanto, los costos de conversión.

Definición

Un evento de ahorro de energía es un trabajo realizado por un equipo que comprende los conceptos relativos al consumo y aprovechamiento de la energía, como parte integral de los proyectos relacionados con *Lean Manufacturing*. Basta con recordar que el fin último de *Lean* es la reducción o eliminación de desperdicios donde sea que se encuentren. En México y Latinoamérica el tema del ahorro de energía ha tomado fuerza, pero sigue siendo un área frecuentemente olvidada.

El objetivo de este capítulo no es presentar un tratado acerca de todas las opciones disponibles para ahorrar energía, sino proporcionar un enfoque práctico para tomar medidas sencillas sin necesidad de invertir en equipo especializado. Únicamente el recibo de energía eléctrica de la CFE dará información útil para comenzar a tomar medidas correctivas y reducir el consumo y la cantidad de dinero que se paga por cada recibo.

Datos sobre los energéticos

- Se estima que para el 2010 el consumo mundial de energía aumentará 50% (U.S. Department of Energy).

- Hoy en día los combustibles fósiles se consumen a un ritmo 100,000 veces mayor que el tiempo que les toma generarse.
- Actualmente 95% de las empresas desperdicia energía de alguna forma; sólo 1% hace algo al respecto.
- El gasto en energía representa entre 10% y 30% de los gastos de operación de las empresas e instituciones.
- En un periodo de 7 a 20 años a partir del 2006, la energía que México produce no será suficiente para cubrir la demanda nacional.
- Sólo utilizando tecnologías eficientes en consumo energético "listas para su aplicación" se podría reducir 80% el costo de calentar, enfriar e iluminar los hogares y lugares de trabajo (U.S. Department of Energy y Maryland Energy Administration).

Introducción

Con el fin de no entrar en temas demasiado técnicos para la mayoría de la gente, veamos un enfoque más sencillo (habrá quien lo considere sobresimplificado, pero, para lo que se quiere ejemplificar, con esto basta).

Hay que tomar en cuenta que, para esta explicación, el ejemplo presentado se efectúa con la tarifa HM (para servicio general en media tensión con demanda de 100 kW o más), que es la más común en las empresas y en la industria y también en la que más ahorros se pueden obtener si se maneja adecuadamente. Con este régimen tarifario, la electricidad varía de precio de acuerdo con la hora del día. En la página Web de la CFE (ww.cfe.gob.mx) se puede encontrar más información al respecto.

Tarifas horarias

La CFE maneja tres horarios, en cada uno de los cuales se cobra un precio distinto por la electricidad consumida.

Los horarios son:

- BASE
- INTERMEDIO
- PUNTA

Si bien es cierto que cada mes cambia el precio de la electricidad, basta con mencionar que, al consumir 1 kWh en hora PUNTA, éste cuesta 3.8 veces más que consumirlo en horario base, y 3 veces más que consumirlo en horario INTERMEDIO. Esto se debe a que durante el horario PUNTA la CFE tiene que proporcionar electricidad para encender el alumbrado público de toda la república.

Lo que busca la CFE es influir en los hábitos de consumo de las empresas para que desplacen las cargas eléctricas a otra hora y le dejen más holgura para cumplir con el suministro de electricidad a la hora de mayor carga.

El horario PUNTA cambia en invierno y en verano, ya que, como es sabido, durante el invierno oscurece más temprano y el alumbrado público debe encenderse antes. Por ello, durante los meses de abril y octubre se reciben dos recibos de electricidad, pues una parte del mes se factura con el horario de verano y la otra con el de invierno.

Verano: Se considera verano al periodo comprendido del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre.

Invierno: Se considera invierno al periodo comprendido del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril.

La siguiente tabla muestra los horarios para las regiones Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur (disponible en el sitio de la CFE).

Regiones Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur

Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00
domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

Figura 20.1

Mediciones importantes

I) Consumo (representado como "Cargo por Energía" en el recibo)

a) KWh: Son los kilowatts consumidos por cada aparato, multiplicados por el número de horas que estuvo funcionando a lo largo del mes. Se registran lecturas separadas en los diferentes horarios ya mencionados (BASE, INTERMEDIO y PUNTA).

b) Precio unitario: Es el monto a pagar en pesos por cada kWh consumido. El precio varía de acuerdo con el horario en que se utilice, ya sea BASE, INTERMEDIO o PUNTA.

II) Demanda (representado como "Cargo por Demanda" en el recibo)

c) kW: Es la máxima cantidad de energía requerida por la empresa durante un intervalo de 15 minutos a lo largo de todo el mes.

III) Factor de potencia y de carga

d) Factor de potencia: Es la fracción de potencia utilizada realmente por un equipo eléctrico comparada con

el total de potencia aparente suministrada. Se expresa como porcentaje. El factor de potencia indica que un equipo eléctrico (o un grupo) provoca que la corriente eléctrica suministrada en el punto de uso esté fuera de fase con el voltaje.

Para fines prácticos, lo importante aquí es que el apartado donde dice "Factor de potencia" sea de 90.00% o mayor, ya que la CFE penaliza con un "Cargo por Factor de Potencia" a los usuarios que tengan un factor menor a 90%, pero también otorga bonificaciones a aquellos usuarios con un factor de potencia superior a 90%.

e) **Factor de carga:** A diferencia del factor de potencia, en este caso no hay penalizaciones ni bonificaciones; esta medición sólo nos informa qué tan bien están balanceadas las cargas en nuestra empresa. Simplemente es una división entre el consumo promedio del mes y el máximo. Por ejemplo, si normalmente consumimos un promedio de 70 kW al mes y el máximo alcanzado fue de 100 kW, nuestro factor de carga es de 70%.

Un bajo nivel del factor de carga quiere decir que durante cierto periodo del mes se ponen a trabajar de manera simultánea varios equipos cuyo consumo supera por mucho lo que se consume en promedio. Ésta es una invitación para analizar qué equipos son los que realmente se necesita que operen de manera simultánea y cuáles pueden permanecer apagados durante ese periodo y encenderse antes o después.

¿Para qué sirve un evento de ahorro de energía?

Las siguientes son algunas de las utilidades de realizar un evento de ahorro de energía:

- Obtener ahorros económicos eliminando desperdicios e ineficiencias en el uso de los recursos energéticos.

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

Adeudo anterior	Pagos	Cargos/créditos	Monto a pagar
$32,457.87	$32,457.00-	$35,058.46	**$35,059.00**

Fecha límite de pago	Corte a partir de
12 MAR 07	**13 MAR 07**

Avenida Sierra de la Primavera 164
Col. Tlaquepaque, México D.F. C.P. 06600
R.F.C. CFE 370814 QI0

Ubicación del suministro:
EJEMPLO SA DE CV
CALLE VALENCIA 34
ZONA INDUSTRIAL
GUADALAJARA, JAL.

Domicilio fiscal:
RFC-EJE0305129F8

AVISO-RECIBO
92 DX 02 B 01 001 0580
01 44040202506 070312 000035059 7

Número de Servicio: 247 040 202 506

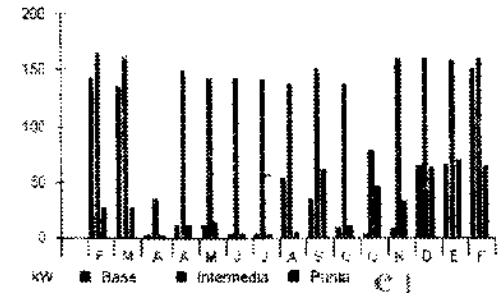
Periodo: 31 ENE 07 a 01 MAR 07 **Carga conectada kW:** 234 **Tarifa:** HM
No. de medidor: 9FB575 **Demanda contratada kW:** 334 **Multiplicador:** 1,200

Función y Período	Lectura actual	Lectura anterior	Diferencia	Totales
a — kWh base				2,040
a — kWh intermedia				19,440
a — kWh punta				900
c — kW base				150
c — kW intermedia				159
c — kW punta				94
kVArh				16,120
Factor de potencia				82.93

Conceptos	Totales	Precios unitarios $
b — Energía en base kWh	2,040	0.58940
b — Energía en intermedia kWh	19,440	0.70880
b — Energía en punta kWh	900	2.27040
Demanda facturable kW	93	122.38000

Conceptos	Importes $
f → Cargo por Energía	17,200.65
m → Cargo por Demanda	11,805.65
d → Cargo Factor de Potencia	1,479.32
Subtotal	30,485.62
IVA	4,572.84
Facturación del Periodo	35,058.46
Adeudo Anterior	32,457.87
Su Pago	32,457.00-
Total	**$35,059.33**

Datos históricos



c

Mes	Demanda facturable kW	Consumo total kWh	FP %	FC %	Precio medio
FEB 06	58	21,360	83.13	19	1.1538
MAR 06	69	20,880	82.98	17	1.1573
ABR 06	13	0	90.00	11	0.0000
ABR 06	54	16,440	83.30	16	1.1259
MAY 06	53	19,680	83.28	19	1.0886
JUN 06	46	18,000	83.21	17	1.1036
JUL 06	46	17,520	83.29	17	1.1492
AGO 06	46	21,600	82.35	21	1.1186
SEP 06	76	21,120	82.84	20	1.3302
OCT 06	49	17,400	85.49	19	1.1554
OCT 06	47	1,440	86.38	25	1.0865
NOV 06	71	18,360	83.46	16	1.3397
DIC 06	60	15,240	84.01	13	1.5019
ENE 07	95	19,080	83.21	16	1.4793
FEB 07	93	22,440	82.93	20	1.3565

Fecha y lugar de expedición: 01 MAR 07 GUADALAJARA, JAL.
Son: **(TREINTA Y CINCO MIL CINCUENTA Y NUEVE PESOS 33/100 M.N.)**

AVISOS IMPORTANTES
- Uno superior al 90% significa bonificación, le sugerimos vigilar su factor de potencia (FP%).
- Gracias por su pago efectuado el 01 FEB 07 por $32,457.00
- Nos transformamos para servirle mejor.
- **Servicio a Clientes Teléfono 071.**

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
Total a pagar: **$35,059.00**
(TREINTA Y CINCO MIL CINCUENTA Y NUEVE PESOS 00/100 M.N.)

01 44704020250 6 070312 000035059 7

90 DX 02 B 01 001 0580
Clave de envío: Reparti

TALON DE CAJA

Figura 20.2

- Ayudar a preservar los recursos energéticos no renovables.
- Conocer los patrones de consumo energético de la empresa.
- Detectar áreas de oportunidad para posteriormente hacer estudios más detallados.
- Inculcar el interés para crear una cultura de ahorro de energía.

¿Cuándo se utiliza un evento de ahorro de energía?

Un evento de ahorro de energía puede llevarse a cabo en cualquier momento.

¿Cuánto tiempo toma realizar un evento de ahorro de energía?

De una a dos semanas.

Procedimiento para llevar a cabo un evento de ahorro de energía

1. Obtener los recibos de electricidad de los últimos 12 meses.
2. Buscar tendencias, patrones en el consumo y/o áreas de oportunidad.
3. Aplicar medidas correctivas.

Ejemplo

1. Se capturan todos los recibos en el formato propuesto.

Historial de consumo de energía eléctrica (2006)

	Ene-06	Feb-06	Mar-06	Abr-06	May-06	Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06
kWh base	848	1,560	720	720	720	600	480	720	480	720	600	1,080
kWh intermedia	18,324	19,560	20,760	15,480	18,720	17,820	17,040	20,760	19,560	17,880	17,400	13,800
kWh punta	384	240	120	480	240	120	0	120	1,080	480	360	360
Consumo total kWh	**19,356**	**21,360**	**21,600**	**16,680**	**19,680**	**18,540**	**17,520**	**21,600**	**21,120**	**19,080**	**18,360**	**15,240**
Precio base kWh	**$ 0.5940**	**$ 0.5843**	**$ 0.5785**	**$ 0.5673**	**$ 0.5797**	**$ 0.6026**	**$ 0.6288**	**$ 0.6403**	**$ 0.6358**	**$ 0.6354**	**$ 0.6232**	**$ 0.6211**
Precio inter kWh	**$ 0.7140**	**$ 0.7029**	**$ 0.6967**	**$ 0.6825**	**$ 0.6974**	**$ 0.7249**	**$ 0.7564**	**$ 0.7702**	**$ 0.7648**	**$ 0.7643**	**$ 0.7496**	**$ 0.7471**
Precio punta kWh	**$ 2.2884**	**$ 2.2509**	**$ 2.1983**	**$ 2.1854**	**$ 2.2333**	**$ 2.3215**	**$ 2.3894**	**$ 2.4666**	**$ 2.4493**	**$ 2.4478**	**$ 2.4008**	**$ 2.3929**
kW base	17	143	54	12	12	4	4	54	36	4	8	64
kW intermedia	149	165	137	149	143	143	141	137	150	78	159	159
kW punta	62	26	6	12	14	4	4	6	62	46	33	63
kvArh	12,974	14,280	14,880	10,970	13,080	12,000	11,640	14,880	14,280	11,400	12,120	9,840
Factor de potencia	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Factor de carga	**17.46%**	**19.26%**	**21.19%**	**15.55%**	**18.50%**	**18.01%**	**16.70%**	**21.19%**	**19.56%**	**32.88%**	**16.04%**	**12.88%**
Demanda facturable (kW)	89	68	46	54	53	46	46	46	89	56	71	92
Precio unitario kW	$ 123.66	$ 121.63	$ 122	$ 121.54	$ 120.68	$ 125.45	$ 130.89	$ 133.29	$ 132.36	$ 132.40	$ 129.74	$ 129.31
Cargo o bonificación por %FP	4.9%	5.0%	5.6%	4.5%	4.8%	4.3%	4.8%	5.6%	5.2%	2.9%	4.7%	4.3%
Cargo por energía	$ 14,357.99	$ 15,200.45	$ 15,143.81	$ 12,022.55	$ 14,008.70	$ 13,557.86	$ 13,190.88	$ 16,746.36	$ 17,909.97	$ 15,298.17	$ 14,281.75	$ 11,847.73
Cargo por demanda	$ 11,005.74	$ 8,270.84	$ 5,592.68	$ 6,563.16	$ 6,396.04	$ 5,770.70	$ 6,020.94	$ 6,131.34	$ 11,780.04	$ 7,414.40	$ 9,211.54	$ 11,896.52
Cargo por factor de potencia	$ 1,250.66	$ 1,163.25	$ 1,155.68	$ 844.35	$ 987.41	$ 835.81	$ 928.24	$ 1,275.01	$ 1,539.41	$ 659.68	$ 1,105.29	$ 1,015.57
Cargo por baja tensión	$ 532.29	$ 492.69	$ 437.84	$ 388.60	$ 427.84	$ 403.29	$ 402.80	$ 483.05	$ 624.59	$ 467.44	$ 491.96	$ 495.09
Subtotal	$ 27,146.67	$ 24,634.54	$ 21,892.07	$ 19,430.06	$ 21,392.15	$ 20,164.37	$ 20,140.06	$ 24,152.71	$ 31,229.37	$ 23,372.20	$ 24,598.08	$ 24,754.25
IVA	$ 4,072.00	$ 3,695.18	$ 3,283.83	$ 2,914.51	$ 3,208.82	$ 3,024.65	$ 3,021.01	$ 3,622.91	$ 4,684.41	$ 3,505.83	$ 3,689.71	$ 3,713.14
TOTAL	$ 31,218.67	$ 28,329.72	$ 25,175.99	$ 22,344.57	$ 24,600.97	$ 23,189.02	$ 23,161.07	$ 27,775.62	$ 35,913.78	$ 26,878.03	$ 28,287.79	$ 28,467.39

Figura 20.3

2. Se analizan las gráficas obtenidas al introducir los datos.

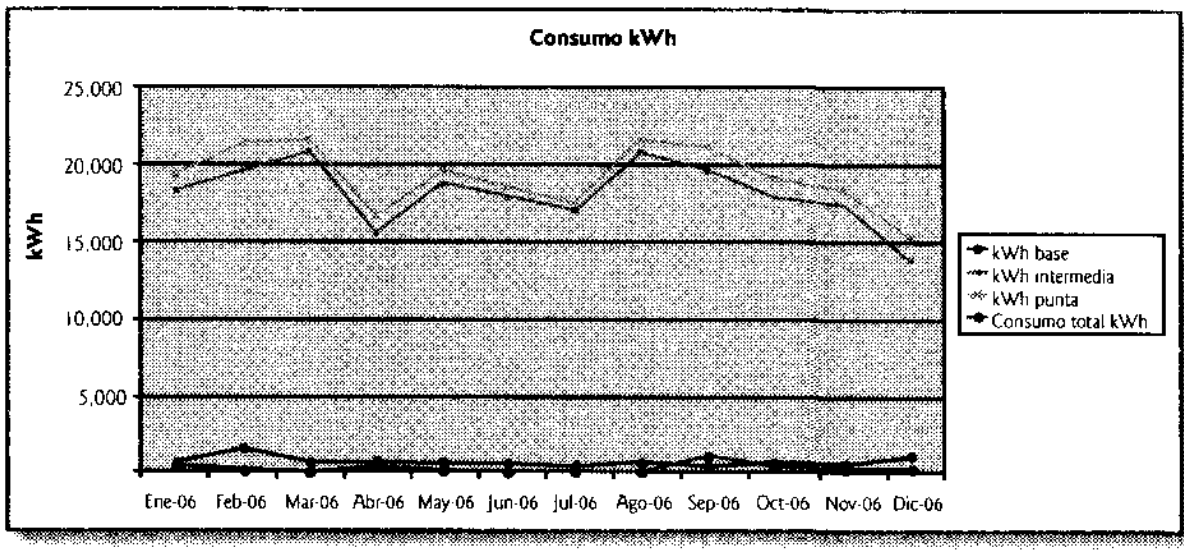


Figura 20.4

Se puede apreciar que los niveles de consumo van a la baja al acercarse el fin de año. El horario en el que se trabaja más es por mucho el INTERMEDIO.

Como se ve en la figura de la página siguiente, tanto los niveles de factor de carga como los de factor de potencia están muy bajos, lo que repercute en recibos de energía eléctrica más caros.

En la búsqueda de áreas de oportunidad, a continuación se presentan algunas ideas que podrían reducir significativamente el consumo energético.

- Detectar fugas. Cada vez que escuchamos una fuga de aire podríamos pensar que no representa una gran pérdida, pero si tomamos en cuenta que cada una podría costar entre 300 y 1000 dólares anuales, y si juntamos todas las pequeñas fugas que pudieran existir, la suma podría ser de entre 50,000 y 150,000 dólares para empresas medianas y grandes.

Detección de fugas de aire.

Historial de consumo energia eléctrica (2006)

	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	Ene-06	**Feb-06**	**Mar-06**	**Abr-06**	**May-06**	**Jun-06**	**Jul-06**	**Ago-06**	**Sep-06**	**Oct-06**	**Nov-06**	**Dic-06**
kWh base	648	1.560	720	720	720	600	480	720	480	720	600	1.080
kWh intermedia	18.324	19.560	20.760	15.480	18.720	17.820	17.040	20.760	19.560	17.880	17.400	13.800
kWh punta	384	240	120	480	240	120	0	120	1.080	480	360	360
Consumo total kWh	**19.356**	**21.360**	**21.600**	**16.680**	**19.680**	**18.540**	**17.520**	**21.600**	**21.120**	**19.080**	**18.360**	**15.240**
Precio base kWh	**$ 0.5940**	**$ 0.5843**	**$ 0.5785**	**$ 0.5673**	**$ 0.5797**	**$ 0.6026**	**$ 0.6288**	**$ 0.6403**	**$ 0.6358**	**$ 0.6354**	**$ 0.6232**	**$ 0.6211**
Precio inter kWh	**$ 0.7146**	**$ 0.7029**	**$ 0.6967**	**$ 0.6825**	**$ 0.6974**	**$ 0.7249**	**$ 0.7564**	**$ 0.7702**	**$ 0.7648**	**$ 0.7643**	**$ 0.7496**	**$ 0.7471**
Precio punta kWh	**$ 2.2884**	**$ 2.2509**	**$ 2.1983**	**$ 2.1854**	**$ 2.2333**	**$ 2.3215**	**$ 2.3894**	**$ 2.4666**	**$ 2.4493**	**$ 2.4478**	**$ 2.4008**	**$ 2.3929**
kW base	12	143	54	12	12	4	4	54	36	4	8	64
kW intermedia	149	165	137	149	143	143	141	137	150	78	159	159
kW punta	62	26	6	12	14	4	4	6	62	46	33	63
kvArh	12.924	14.280	14.880	10.920	13.080	12.000	11.640	14.880	14.280	11.400	12.120	9.840
Factor de potencia	**0.83**	**0.83**	**0.82**	**0.84**	**0.83**	**0.84**	**0.83**	**0.82**	**0.83**	**0.86**	**0.83**	**0.84**
Factor de carga	**17.46%**	**19.26%**	**21.19%**	**15.55%**	**18.50%**	**18.01%**	**16.70%**	**21.19%**	**19.56%**	**32.88%**	**16.04%**	**12.88%**

Figura 20.5

Para poder medir y cuantificar las fugas de gases se recomienda utilizar equipo de ultrasonido con el cual se ingresa a un rango de sonido de entre 20–100 kHz, y en estas frecuencias encontraremos un mundo de oportunidades.

- No utilizar equipos en horarios punta. Resulta casi 3.5 veces más caro operar los equipos en dos o tres horas consideradas como horas punta, debido a que durante esas horas los hogares y otras aplicaciones requieren mayor energía eléctrica, generalmente entre las 19:00 y las 22:00 horas, según el horario en turno.

  Si dejáramos de utilizar el mayor número de aparatos durante este horario, especialmente si la capacidad es mayor que la demanda, podríamos obtener ahorros considerables en el gasto de electricidad.
- Si analizamos el mapa de la cadena de valor (*value stream map*) y observamos la gráfica de balance, podemos ver que, cuando existen procesos más lentos que el tiempo *takt* y los utilizamos para producir más de lo que se necesita, empezamos a generar inventarios en proceso o productos terminados; esos inventarios tienen incluida una carga energética porque para su procesamiento se utilizaron máquinas, lámparas, etc., e incluso tal vez se hayan generado durante horarios pico. Por lo tanto, podemos ahorrar la energía consumida para producir esos inventarios siempre que balanceemos las operaciones y establezcamos flujo continuo, o simplemente utilicemos esos recursos el tiempo necesario para satisfacer la demanda.

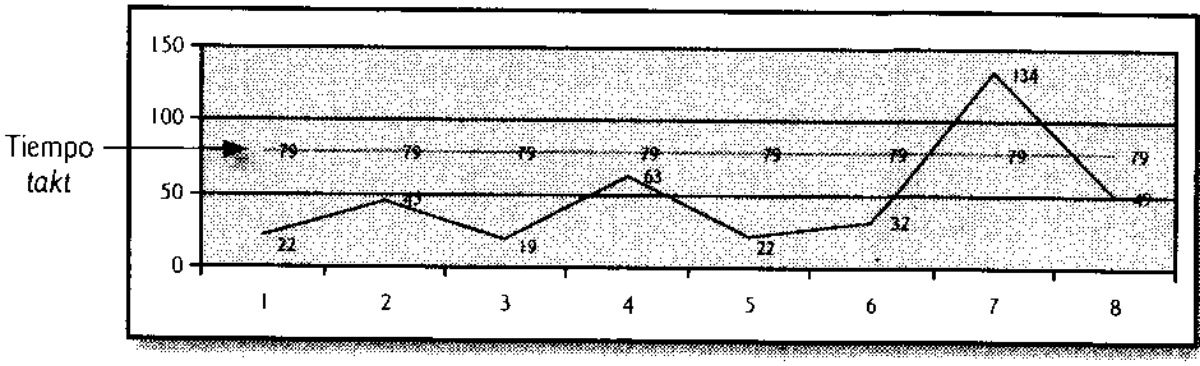


Figura 20.6

3. Se aplican medidas correctivas.
   Para mejorar el factor de potencia se sugiere acudir con expertos, quienes mediante un análisis con equipo especializado podrán determinar los requerimientos para instalar los bancos de capacitores. En algunos casos, éstos aumentarán de forma drástica el factor de potencia. Cabe señalar que por lo general la inversión realizada en los bancos de capacitores se recupera en menos de un año, debido a las bonificaciones que se perciben por parte de la CFE al tener un factor de potencia superior a 90%.

Para aumentar el factor de carga (y por lo tanto reducir la demanda máxima utilizada en el mes y el monto a pagar), se hace un estudio detallado para conseguir un mejor balanceo de cargas. Es decir, se busca la manera de que no se usen todos los equipos al mismo tiempo, sino que se "escalone" su uso cuando sea posible.

Balanceo de cargas

Una carga eléctrica dentro de un sistema se puede definir como un elemento cualquiera que consuma energía. Algunos ejemplos son motores, resistencias (hornos), focos, unidades de aire acondicionado, refrigeradores y herramientas eléctricas.

En el recibo de consumo de energía eléctrica, en el apartado de "Demanda", es necesario aclarar que lo que se cobra es únicamente el pico máximo registrado durante todo el periodo de facturación. Es muy importante señalar esto, pues significa que si durante el mes el consumo habitual de energía eléctrica en el horario punta (de las 20:00 a las 22:00 horas en verano y de las 18:00 a las 22:00 horas en invierno) fue de 50 kW, pero sólo un día durante un intervalo de 15 minutos y por alguna razón fuera de lo normal el consumo fue de 100 kW, entonces la cantidad que se factura son 100 kW.

Por ello, es necesario estar al pendiente de la demanda utilizada. A continuación se presenta una hoja de cálculo que se proporciona con este libro donde se puede experimentar con prueba y error el impacto de tener una mejor administración de la demanda de energía eléctrica.

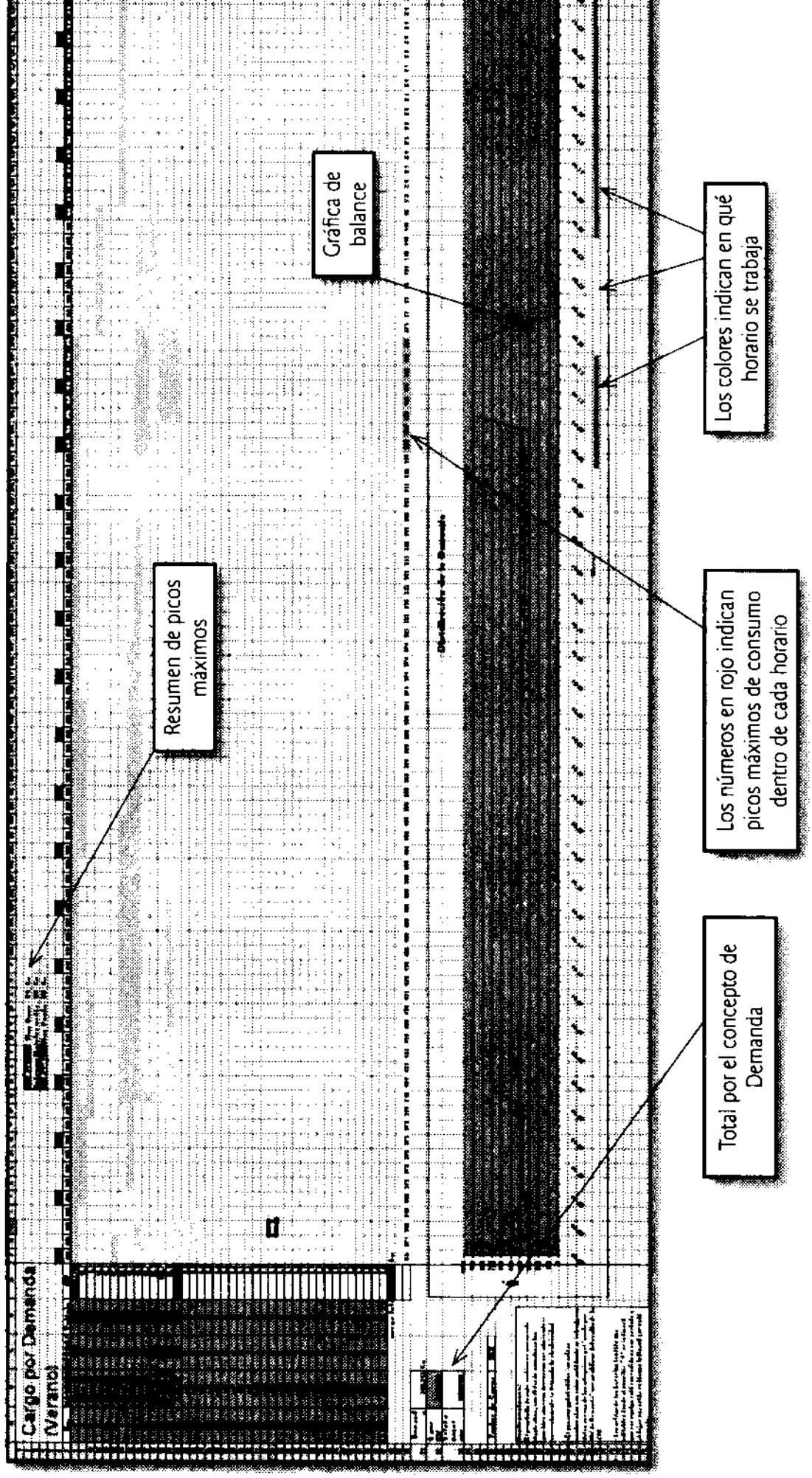

Cargo por Demanda
(Verano)
Resumen de picos máximos
Gráfica de balance
Los colores indican en qué horario se trabaja
Los números en rojo indican picos máximos de consumo dentro de cada horario
Total por el concepto de Demanda

Figura 20.7