

Lean Manufacturing

La evidencia de
una necesidad

Manuel Rajadell
José Luis Sánchez



LEAN MANUFACTURING
La evidencia de una necesidad

Manuel Rajadell Carreras
José Luis Sánchez García

LEAN MANUFACTURING
La evidencia de una necesidad



© Manuel Rajadell Carreras y José Luis Sánchez García, 2010

Reservados todos los derechos

«No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.»

Ediciones Díaz de Santos
Albasanz, 2
28037 MADRID

Email: ediciones@diazdesantos.es
Internet: <http://ediciones.diazdesantos.es>

ISBN: 978-84-7978-967-1 (Versión papel)
ISBN: 978-84-7978-515-4 (Versión electrónica)

Autores



Manuel Rajadell Carreras

Doctor Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Cataluña. Máster en Dirección y Administración de Empresas por la Fundación de la Universidad Politécnica de Madrid. Actualmente es profesor titular del Departamento de Organización de Empresas de la Universidad Politécnica de Cataluña. Ha dirigido más de treinta proyectos de implantación de sistemas Lean en empresas de diversos sectores.



José Luis Sánchez García

Ingeniero en Organización Industrial por la Universidad Politécnica de Cataluña. Técnico OCRA por la Fundación de la Universidad Politécnica de Cataluña (Evaluación y Gestión del Riesgo por Movimientos Repetitivos). Actualmente es profesor adjunto del Departamento de Organización de Empresas de la Universidad Politécnica de Cataluña. Ha desarrollado proyectos de implantación Lean en empresas como SONY BCN PLANT S.A., AUTOLIV KLE S.A y GENERAL ELECTRIC Power Controls Ibérica.

Índice

Prólogo	XI
1. CONCEPTO DE <i>LEAN MANUFACTURING</i>	1
Antecedentes históricos	2
¿Por qué producción ajustada?	5
Características del entorno social y cultural	7
Los pilares del <i>lean manufacturing</i>	11
Concepto de despilfarro	19
Síntesis conceptual.....	31
2. SITUACIÓN ACTUAL. <i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	33
Objetivos del VSM (<i>Value Stream Mapping</i>)	34
VSM (<i>Value Stream Mapping</i>).....	34
Selección del producto.....	35
Simbología para el VSM.....	40
Dibujo del VSM: flujo de materiales a partir del cliente.	41
3. OPORTUNIDADES DE MEJORA: HERRAMIENTAS LEAN	45
Introducción.....	45
Módulo I. Herramientas Lean: 5S.....	48
Módulo II. Herramientas Lean: <i>Heijunka</i>	67
Módulo III. Herramientas Lean: <i>Kanban</i>	94
Módulo IV. Herramientas Lean: SMED	123
Módulo V. Herramientas Lean: TPM.....	139
Módulo VI. Herramientas Lean: <i>JIDOKA</i>	158
4. SITUACIÓN FUTURA	177
Consideraciones previas	178
Aplicación 5S.....	182

Aplicación <i>Heijunka</i>	193
Aplicación <i>kanban</i>	204
Aplicación SMED	214
Aplicación TPM.....	224
5. INDICADORES	237
Identificación de parámetros <i>lean</i>	238
Indicadores principales	238
Otros indicadores.....	244
Glosario	245
Test de autoaprendizaje	251
Soluciones TEST	257
Bibliografía	259

Prólogo

El management es, considerándolo todo, la más creativa de todas las artes, porque es lo que organiza el talento.

JEAN JACQUES SERVAN-SCHREIBER

Lean es una palabra inglesa que se puede traducir como "sin grasa, escaso, esbelto", pero aplicada a un sistema productivo significa "ágil, flexible", es decir, capaz de adaptarse a las necesidades del cliente. Este término lo había utilizado por primera vez un miembro del MIT, John Krafcik, tratando de explicar que la "producción ajustada" es *lean* porque utiliza menos recursos en comparación con la producción en masa. Un sistema *lean* trata de eliminar el desperdicio y lo que no añade valor y por ello el término *lean* fue rápidamente aceptado.

Actualmente existe un manifiesto interés por el conocimiento de las herramientas *lean* por la importancia de los estudios relacionados con la Dirección de Operaciones porque:

- Constituyen un área clave para cualquier organización, y se relaciona de forma combinada con el resto de las funciones empresariales.
- En el estudio de las organizaciones existe un interés manifiesto en conocer cómo se producen los bienes y los servicios, así como las funciones que realizan los directores de operaciones.
- La producción es una de las actividades que genera más costes en cualquier empresa. Un porcentaje muy grande de los ingresos de la mayoría de las empresas se destina a la función de producción, que proporciona una buena oportunidad a las organizaciones para mejorar su rentabilidad y su servicio a la sociedad.

En este manual se trata de proporcionar una serie de modelos, herramientas y criterios enfocados a la toma de decisiones, técnicamente factibles y económicamente óptimas, y que afectarán a la actividad de la empresa tanto a largo plazo como a corto plazo. Con la lectura de este libro usted conocerá:

- Qué se entiende por *lean manufacturing* y cuáles son los principios de organización del JIT, y las técnicas originales para ser llevadas a la práctica en cualquier organización.
- Cómo efectuar una clasificación de los despilfarros del sistema de producción de la empresa y cómo el *lean manufacturing* incide en la *completa eliminación del despilfarro*.
- Qué aportan los sistemas de garantía de la calidad total: *Jidoka*, *Poka Yoke*, Matriz de Autocalidad.
- Por qué deben implantarse los sistemas *pull* basados en los *kanban* de producción y transporte.
- Cuáles son las ventajas de las herramientas y técnicas propias del *lean manufacturing*: 5S, SMED, TPM, *kaizen*, etc.
- Qué es un proceso de *mejora continua (kaizen)* y entenderá esta filosofía de dirección basada en un proceso de mejora de los procesos (maquinaria, personal, materiales, métodos de producción, etc.) en un procedimiento continuo de pequeños retos.

Este libro está dirigido a las siguientes personas:

- Personas interesadas en la gestión de la función de producción de la empresa.
- Directivos de pequeñas o medianas empresa con experiencia en el área de producción y con un interés en mejorar o actualizar su formación.
- Personas profesionalmente vinculadas con la gestión de operaciones en sus diferentes ámbitos (ingeniería, procesos, calidad, logística, etc.)

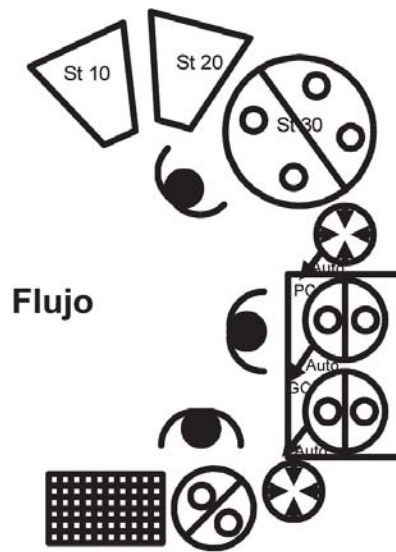
Para dar respuesta a esta heterogeneidad en cuanto al perfil de los usuarios, se parte de la idea de ofrecer unos contenidos prácticos en el entorno del *lean manufacturing* que pueden servir de ayuda para todos ellos. En la elaboración del libro se ha pretendido hacer buena la idea de que lo que consiga sea directamente proporcional al esfuerzo que haga al utilizarlo.

1

El concepto de *lean manufacturing*

*Si quieres mantener
tu posición competitiva
mejora continuamente lo que haces.*

PHIL CONDIT



El *lean manufacturing* tiene por objetivo la eliminación del despilfarro, mediante la utilización de una colección de herramientas (TPM, 5S, SMED, *kanban*, *kaizen*, *heijunka*, *jidoka*, etc.), que se desarrollaron fundamentalmente en Japón. Los pilares del *lean manufacturing* son: la filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios.



DEFINICIÓN

Entendemos por *lean manufacturing* (en castellano "producción ajustada"), la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio, entendiendo como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. La producción ajustada (también llamada *Toyota Production System*), puede considerarse como un conjunto de herramientas que se desarrollaron en Japón inspiradas en parte, en los principios de William Edwards Deming.

Como nota preliminar debe comentarse que a lo largo del texto se utilizarán diversos términos japoneses que se han aceptado en todo el mundo, y que actualmente, estas palabras junto con otras como *zen*, *kárate*, *samurai*, *taek-wondo*, *geisha*, *sushi*, etc., forman parte del vocabulario universal. En el pasado estos términos adoptados venían del mundo de la cultura, el arte, o la gastronomía, pero con la atracción de las técnicas de producción japonesas por parte de todos los países industrializados, las palabras de estas áreas se han difundido universalmente.



ANTECEDENTES HISTÓRICOS



ORIGENES

El punto de partida de la producción ajustada es la producción en masa. Durante la primera mitad del siglo XX se contagió a todos los sectores la producción en masa, inventada y desarrollada en el sector del automóvil. Es conocida la crisis del modelo de producción en masa, que encontró en el *fordismo* y el *taylorismo* su máxima expresión, pero dejó de ser viable, porque no solo significa la producción de objetos en grandes cantidades, sino todo un sistema de tecnologías, de mercados, economías de escala y reglas rígidas que colisionan con la idea de flexibilidad que se impone en la actualidad.

Fordismo

El modelo de producción en masa, conocido como *fordismo*, tiene su antecedente en la revolución taylorista (impulsada por Frederick Taylor) de principios de siglo

XX, que se caracterizaba por la estandarización de las operaciones, la rigurosa separación entre la oficina de métodos y tiempos y el taller, entre la concepción del cómo hacer y la ejecución manual, cuyo objetivo era generalizar el método aparentemente más eficaz para producir (*the best one way*) eliminando tiempos y movimientos, interrupciones y disfunciones en los puestos de trabajo. Con el taylorismo se obtienen ganancias de productividad (eficacia en cada operación) a través de la socialización, organizada desde arriba, del proceso de aprendizaje colectivo, pues se ejerce un control riguroso sobre la intensidad del trabajo (número de operaciones realizadas por hora de trabajo), es decir, se limita la “ociosidad” de los trabajadores al implementar procedimientos estandarizados, que se ordenan a los operarios por parte de la oficina de métodos y tiempos.

Sin duda, el logro histórico del taylorismo fue acabar con el control que el obrero ejercía sobre el *cómo hacer* el trabajo y los tiempos de producción. En su lugar se instaló la ley y la norma patronal, por la vía de la administración científica del trabajo. En la lógica taylorista de la división del trabajo cada fábrica, departamento o sección persigue su objetivo específico sin molestarse en buscar prioritariamente la optimización del conjunto de la producción, que es, sin embargo, el único enfoque inteligible por parte del cliente o del consumidor. Crecen así los lotes de producción, se acumulan los stocks y el ciclo de producción se alarga. Estos fenómenos amplificadores son la causa de que, en una fábrica taylorista, el plazo de producción de, por ejemplo, el cuadro de una bicicleta pueda llegar a ser de semanas, mientras que la suma de las operaciones de mecanización, soldadura y pintura no llega a una hora.



Pero tras el crack de 1929, Estados Unidos sufrió una crisis de sobreproducción, manifestada en un subconsumo de masas frente a la capacidad productiva real de la sociedad, lo que hizo necesaria la implementación de ajustes que dieron paso al establecimiento del *fordismo*, que lograba generar un mercado para la gran producción acumulada. En el *fordismo*, el control del trabajo viene dado por las normas incorporadas al dispositivo automático de las máquinas, o sea, el propio movimiento de las máquinas (caso de la cadena de montaje) dicta la operación requerida y el tiempo asignado para su realización.

El trabajo se simplifica al lograr la división del mismo, la fabricación de productos estandarizados y en grandes series se convierte en la norma y el resultado es una mayor producción y una aparente combinación de incremento de la productividad y de los beneficios de intensidad en el trabajo.

Después de la Segunda Guerra Mundial se produjo una gran expansión de las organizaciones de producción en masa, en parte alentada por la política exterior norteamericana, que respondía a criterios puramente economicistas de aumento de la demanda agregada y la estabilidad de sus mercados. Esto generó gigantescas y rígidas estructuras burocráticas. Sin embargo, a fines de los años 60 del siglo pasado el modelo empezó a erosionarse, la productividad disminuyó y el capital fijo *per cápita* empezó a crecer, lo que entrañó una disminución de los niveles de rentabilidad. El modelo llegaba a su límite y era necesaria una adaptación. Entre las innovaciones que incorpora el *toyotismo* a la organización del proceso de trabajo se encuentran algunas salidas a la falta de flexibilidad de la estructura burocrática de la producción en masa.

Ingenieros y directivos con educación clásica europea y americana se resisten a admitir que la idea del *lean manufacturing* es únicamente lo que Taiichi Ohno y sus discípulos recopilaron y aplicaron en Toyota. Pero lo cierto es que esta filosofía de trabajo nació justo en la mitad del siglo XX en la Toyota Motor Company, concretamente en la sociedad textil del grupo.

Efectivamente, a finales de 1949, un colapso de las ventas obligó a Toyota a despedir a una gran parte de la mano de obra después de una larga huelga. En la primavera de 1950, un joven ingeniero japonés, Eiji Toyoda, realizó un viaje de tres meses de duración a la *planta Rouge* de Ford, en Detroit, y se dio cuenta de que el principal problema de un sistema de producción son los despilfarros. Además, era un sistema difícilmente aplicable en Japón en aquellos tiempos, por las siguientes razones:

- El mercado japonés era bastante pequeño y exigía una amplia gama de distintos tipos de coches.
- Las leyes laborales impuestas por los norteamericanos en el mercado de trabajo japonés impedían el despido libre.
- La Toyota y el resto de las empresas japonesas no disponían de capital para comprar tecnología occidental y su volumen no permitía la reducción de costes alcanzada por las compañías de EE UU.

Después de la crisis del petróleo de 1973, se impuso en muchos sectores el nuevo sistema de producción ajustada (*lean manufacturing*), de manera que empezó a transformar la vida económica mundial por la difusión del *toyotismo* como sustituto del *fordismo* y del *taylorismo*.

El propósito de la nueva forma de trabajar es eliminar todos los elementos innecesarios en el área de producción para alcanzar reducciones de costes, cumpliendo con los requerimientos de los clientes.

Los japoneses se concienciaron de la precariedad de su posición en el escenario económico mundial; ya que desprovistos de materias primas energéticas, solo podían contar con ellos mismos para sobrevivir y desarrollarse. Mientras en la industria automovilística norteamericana se utilizaba un método de reducción de costes al producir automóviles en cantidades constantemente crecientes y en una variedad restringida de modelos, en Toyota se plantea la fabricación, a un buen precio, de pequeños volúmenes de muchos modelos diferentes. El reto para los japoneses fue lograr beneficios de productividad sin aprovechar los recursos de las economías de escala y la estandarización taylorista y fordiana.

La racionalización del proceso de trabajo implicó, el principio de “fábrica mínima”, que propugna la reducción de existencias, materiales, equipos, etc., y se complementa con el principio de “fábrica flexible”, sustentada en la asignación de las operaciones de fabricación para lograr un flujo continuo y la respuesta rápida a la demanda. El modelo toyotista sintéticamente se resume en los siguientes puntos:

1. Eliminación del despilfarro y suministro *just-in-time* de los materiales.
2. La relación, basada en la confianza y la transparencia, con los proveedores elegidos en función de su grado de compromiso en la colaboración a largo plazo.
3. Una importante participación de los empleados en decisiones relacionadas con la producción: parar la producción, intervenir en tareas de mantenimiento preventivo, aportar sugerencias de mejora, etc.
4. El objetivo de la calidad total, es decir, eliminar los posibles defectos lo antes posible y en el momento en que se detecten, incluyendo la implantación de elementos para certificar la calidad en cada momento.

■ ¿POR QUÉ PRODUCCIÓN AJUSTADA?

Debido a las grandes transformaciones de la economía, los clientes son cada vez más exigentes, informados y conscientes del papel importante que juegan, porque son quienes valoran el producto. Los cambios de hábitos, estilos de vida y preferencias han transformado el panorama cultural, social y económico del mundo, obligando a las empresas a ser más flexibles, adecuar los productos y servi-

Valor añadido. Es una actividad que transforma la materia prima o información para satisfacer las necesidades del cliente.

Despilfarro. Actividades que consumen tiempo, recursos y espacio, pero no contribuyen a satisfacer las necesidades del cliente (no aportan valor al cliente).

cios a la nueva realidad, con nuevas formas de distribución y todo ello apoyados en los tres aspectos fundamentales de la competitividad: calidad, rapidez de respuesta y coste.

El principio fundamental de *lean manufacturing* es que el producto o servicio y sus atributos deben ajustarse a lo que el cliente quiere, y para satisfacer estas condiciones anteriores propugna la eliminación de los despilfarros. En general, las tareas que contribuyen a incrementar el valor del producto no superan el 1% del total del proceso productivo, o lo que es lo mismo, el 99% de las operaciones restantes no aportan valor y entonces constituyen un despilfarro. Tradicionalmente, los procesos de mejora se han centrado en el 1% del proceso que aporta valor al producto. Resulta evidente que, si se acepta el elevado porcentaje de desperdicio en el que se incurre en un proceso productivo, se deduce que existe una enorme oportunidad de mejora.

El despilfarro presenta una oportunidad de mejora.

La mayor cantidad de tiempo, trabajo y dinero invertido en un proceso productivo NO aporta valor (son las actividades sin valor añadido).

OPORTUNIDAD DE MEJORA



Las empresas manufactureras pueden incrementar su competitividad, mediante la innovación y/o la mejora continua. La innovación tecnológica proporciona grandes mejoras espaciadas en el tiempo, pero sin continuidad, mientras que las técnicas de *lean manufacturing* proporcionan pequeñas y frecuentes mejoras porque agrupan técnicas que lo hacen posible. Por ello, las empresas innovadoras y, además seguidoras de esta filosofía, lograrán un ritmo de mejora y de incremento de la competitividad, óptimo y sostenido en el tiempo.



Otro argumento a favor de la implantación de *lean manufacturing* es la reducción de los costes globales (especialmente los indirectos) mientras se mantienen los estándares de calidad y disminuyen los tiempos de ciclo de fabricación. Cabe señalar que la mayoría de las aplicaciones *lean manufacturing* se encuentran en el entorno de fabricación en serie, línea o repetitiva, en operaciones donde se producen lotes de productos estándar a elevada velocidad y un gran volumen, moviéndose los materiales en flujo continuo.

No es frecuente encontrar casos de implantación exitosa del sistema en talleres artesanales grandes, de trabajos muy complejos, donde la planificación y el control de la producción es extremadamente complicada. Talleres artesanales más pequeños y menos complejos han utilizado algunas técnicas propias de *lean manufacturing*, pero estas empresas han efectuado muchas modificaciones para cambiar las operaciones, comportándose de forma similar a la producción en serie. Para el caso de sistemas productivos del tipo proyectos o continuos, el *lean manufacturing* será válido mediante la adaptación de técnicas específicas incluidas dentro de la propia filosofía, tal como puede deducirse de la concepción de estos dos tipos de sistemas productivos.

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO SOCIAL Y CULTURAL

El análisis del entorno es interesante porque dos empresas difícilmente tendrán una organización y gestión de la producción igual o muy parecida si sus países respectivos presentan diferentes características sociales o culturales. La manera de ser y las costumbres tanto de directivos como de operarios, viene condicionada por su país de origen; así por ejemplo en Japón, el trabajador siente que forma parte de la empresa, mientras que en occidente no está clara la existencia de un espíritu de mejoras sin recompensas.

Debido a que Japón fue el lugar donde las técnicas de *lean manufacturing* alcanzaron su mayor grado de implantación, parece interesante apuntar las características socioeconómicas más relevantes:

- La vinculación al grupo de trabajo es emocional. El empleado forma parte de la empresa, que es un ente unido y único. El empleo de por vida ha

sido la praxis del sistema de gestión japonés en las grandes empresas, en las pequeñas esto es distinto porque nacen y mueren con facilidad. Otro factor a destacar es que los años de experiencia cuentan mucho. El compromiso y la dedicación son totales (*marugakae*) y prevalece sobre las otras posibles relaciones humanas, gustos o creencias individuales.

- Se presta atención a la formación tanto inicial como continuada. En cada sección suele haber varios responsables de formación que trabajan conjuntamente con un departamento general de formación.
- La toma de decisiones funciona habitualmente por consenso. Los occidentales no entienden el largo tiempo que se pierde en discusiones y esperas. Los clásicos procedimientos de contactos y conversaciones preparatorios (*nemawashi*) y el consenso formal con la firma de todos los jefes relacionados con un proyecto (*ringishoo*), dan paso a una entusiasta realización y colaboración por parte de todos.
- Es habitual desplazar al personal a diferentes puestos de trabajo, en Japón y al extranjero, siguiendo programas de rotación de la plantilla. Es frecuente encontrar que el empleado no va acompañado de su familia (*tanshin-funin*). El número de familias monoparentales ha ido creciendo y las mujeres jóvenes no quieren casarse. Sorprende al occidental encontrar en librerías numerosas publicaciones, ofreciendo consejos prácticos a los hombres sobre “cómo arreglárselas solos” en multitud de materias de la vida cotidiana.
- Existe un engranaje de relaciones estables con proveedores, empresas subcontratadas y clientes, de manera que se puede hablar de un grupo de empresas interrelacionadas (*keiretsu*).
- La empresa japonesa se distingue por el alto grado de colaboración del personal, a todos los niveles, en diferentes actividades, para la mejora del trabajo.
- Es normal el gasto para el cuidado cortés de clientes, proveedores, empleados y demás relaciones sociales (*koosaihi*). Es un “lubricante” eficaz para el buen funcionamiento de todo el complejo engranaje de la sociedad japonesa, centrado en las relaciones humanas. Además de los obligados regalos estacionales, eventos conmemorativos, y visitas especiales,... uno de los capítulos más importantes es “el coqueo” vespertino en multitud de pubs, en zonas determinadas, distintas según las categorías laborales, donde los hombres al terminar su jornada de trabajo acuden ritualmente para ahogar sus penas y relajar las tensiones del día. La vida del trabajador varón en Japón es dura, pero tiene sus compensaciones;... para la mujer es otra cosa. La mujer vive en actitud sumisa, abnegada y

resignada, se habla del camino doloroso de ser mujer (*onna no michi*). Al final del siglo XX la incorporación de la mujer al trabajo no solo tuvo consecuencias en el empleo y la productividad, sino también en la familia. La mujer en todo el mundo ha ido alcanzado un papel protagonista en la mayor parte de las actividades de la sociedad, también en Japón, donde ha aumentado muchísimo su poder de decisión como ciudadana y muy especialmente como consumidora.

- El país tiene arraigado un código ético de culto al trabajo diligente, la austeridad de vida, la obligación al ahorro y la aversión al ocio. Una frase que resume esta idea es: el trabajo santifica al hombre (*shogyoo-soku-shuuyoo*). Todo hombre que se aparta de este camino es mal visto por la sociedad. Relacionado con este tema aparece el término muerte por exceso de trabajo *karoshi* (*karo* significa exceso de cansancio y *shi*, muerte). Se estima que se producen 10.000 casos de muerte por exceso de trabajo al año como consecuencia de horarios laborales abusivos en extensión e irregulares.
- La historia del Japón es un ejemplo de relaciones positivas entre el pueblo y la autoridad del gobierno. El ciudadano japonés que posee un elevado sentido de la unidad nacional, se ha distinguido siempre por su confianza y acatamiento respetuoso y sumiso a la autoridad. Por su parte, la Administración está al servicio de las empresas de forma decidida y las relaciones con las instituciones públicas son buenas. Algunos escándalos de corrupción de la última década del siglo pasado produjeron una pérdida de la confianza en las instituciones y el Estado como vía para resolver problemas, mientras que ha ido aumentando la confianza en las propias capacidades personales para mejorar los estándares de calidad de vida.

Japón presenta una cultura de moldes, destacando los siguientes rasgos característicos:

- *Normas industriales y de servicios*: todos los sectores quedan afectados a la detallada reglamentación desde la fabricación de tornillos hasta la relativa a los grandes bienes de equipo (*gakubatsu*).
- *Sistema educativo*: apenas hay centros privados de enseñanza y el nivel educativo popular es notablemente alto. Todo el sistema tiene por objetivo formar ciudadanos y trabajadores obedientes, disciplinados y de competencia media asegurada. Por otro lado, se da una importancia decisiva al hecho de graduarse en famosas universidades, que propicia la aparición de una élite académica.

- *Formación continua*: valoran en alto grado la educación continua. El pueblo japonés tiene una habilidad especial en aprender cosas nuevas y dejar de lado aquello que no le interesa.
- *Centralización en Tokio*: todas las grandes empresas han establecido sus oficinas centrales en Tokio, cerca del Gobierno, los bancos, los medios de comunicación y culturales (cine, teatro, música, pintura, etc.). Este fenómeno ha contribuido al espectacular encarecimiento del suelo en Tokio y del alto coste de la vida. Tokio resulta una de las ciudades más caras del mundo, en cuanto a la cesta de la compra, según las estadísticas oficiales.
- *Servir al cliente es sobrevivir*: la empresa hace el máximo esfuerzo para satisfacer al cliente, mediante: un precio ajustado, la calidad, la puntual entrega, la documentación impecable sin errores, asistencia técnica, etc.

En relación a aspectos del ámbito económico, hay que decir que los japoneses:

- Son expertos en producir más cosas que otros disponiendo de los mismos recursos.
- Saben adaptar y mejorar las ideas procedentes de otros países.
- No han tenido miedo a utilizar préstamos para crecer (con tipos de interés bajos).
- Han sabido fomentar el ahorro personal.
- Han relegado el bienestar y las inversiones militares a favor de los fondos para inversión.

Los aspectos diferenciadores de Japón que se acaban de citar, facilitan la comprensión del porqué han desarrollado un estilo de dirección de empresas que les ha permitido alcanzar un alto nivel de productividad. En el entorno empresarial es posible agrupar otras características diferenciales según las áreas funcionales, habiéndose escogido la dirección general, comercial y de producción.

DIRECCIÓN GENERAL	Estrategia a medio y largo plazo	La formula la Administración. Se valora la experiencia.
	Estrategia directiva	Busca superar al competidor a base de audacia y cultura.
	Actuaciones estratégicas de dominio mundial	Son sectoriales: motocicletas, electrónica de consumo, etc.

DIRECCIÓN COMERCIAL	Redes de distribución	Se invierte poco.
	Calidad de producto	Media y alta.
	Calidad de servicio	Baja.
	Factor tiempo	Está a su favor: aranceles, <i>dumping</i> , rebajas por modelo.
	Competidores	Se formulan acuerdos con ellos.
	Mercado	Hay muchas normas.
	Actitud con la administración de los nuevos mercados	Es exigente.
	Relaciones de apoyo	Apoyo a los distribuidores.
DIRECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN	Puesto de trabajo	Se mide por tiempo ocupado.
	Responsabilidad	La responsabilidad en los objetivos fijados es personal.
	Mejoras	Continuas (o de ciclo corto).
	Calidad	Se integra en la producción.
	Velocidad máxima de ciclos	Se busca rapidez máxima en el ciclo de producción.
	Investigación y desarrollo	Se subvenciona en todo el mundo y se compran resultados.

LOS PILARES DEL LEAN MANUFACTURING

La implantación de *lean manufacturing* en una planta industrial exige el conocimiento de unos conceptos, unas herramientas y unas técnicas con el objetivo de alcanzar tres objetivos: rentabilidad, competitividad y satisfacción de todos los clientes. Tal como se ha escrito, los pilares del *lean manufacturing* son:

- La filosofía de la mejora continua: el concepto *kaizen*.
- Control total de la calidad: calidad que se garantiza para todas las actividades.
- El *just in time*.



PRIMER PILAR: KAIZEN

Kaizen según su creador Masaki Imai, se plantea como la conjunción de dos palabras, *kai*, cambio y, *zen*, para mejorar, luego se puede decir que *kaizen* significa “cambio para mejorar”, que no es solamente un programa de reducción de costes, si no que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, es lo que se conoce como “mejora continua”. Según Imai “en tu empresa, en tu profesión, en tu vida: lo que no hace falta sobra; lo que no suma resta”.



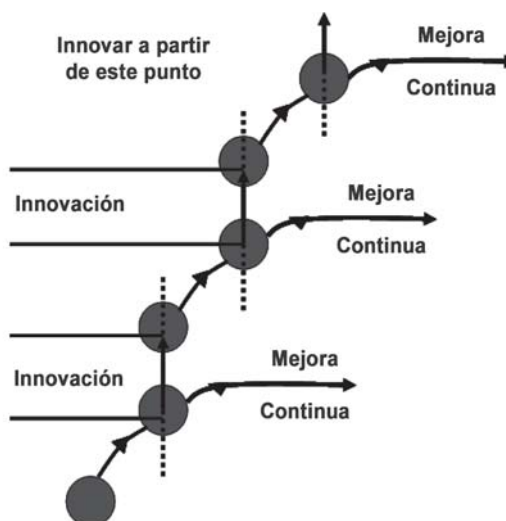
La mejora *kaizen* tiene algunas características que la diferencian de la innovación. La innovación implica un progreso cuantitativo que genera un salto de nivel, que generalmente se produce por el trabajo de expertos, sin embargo, la mejora *kaizen* consiste en una acumulación gradual y continua de pequeñas mejoras hechas por todos los empleados (incluyendo a los directivos). El concepto de *kaizen* debe interpretarse como lo mejor en un sentido tanto espiritual como físico. Comprende tres componentes esenciales: percepción (descubrir los problemas), desarrollo de ideas (hallar soluciones creativas), y finalmente, tomar decisiones, implantarlas y comprobar su efecto, es decir, escoger la mejor propuesta, planificar su realización y llevarla a la práctica (para alcanzar un determinado efecto).



CONCEPTO CLAVE

Los métodos de creatividad y su ejercicio apoyan los dos primeros puntos, especialmente el segundo. Cabe decir que estas técnicas que promueven la creatividad por sí solas no pueden sustituir un estudio apropiado de *kaizen*, porque “las ideas solo son valiosas si pueden ponerse en práctica”, y las propuestas que no pueden implantarse son como castillos en el aire, que no sirven para nada.

La mejora continua es una filosofía que trasciende a todos los aspectos de la vida, no solo al plano



empresarial, ya que en general, el ser humano tiene la necesidad de evolucionar hacia el autoperfeccionamiento. El slogan “siempre hay un método mejor” consiste en un progreso paso a paso con pequeñas aportaciones que se van acumulando y que van más allá de lo estrictamente económico. El proceso de la mejora continua propugna que cuando aparece un problema el proceso productivo se detiene para analizar las causas, tomar las medidas correctoras, y su resolución aumenta la eficiencia del sistema productivo.

En un proceso de mejora continua se integran dos tipos de avances diferentes: los pequeños avances conseguidos con numerosas pero pequeñas mejoras, y los grandes saltos logrados gracias a las innovaciones tecnológicas o de organización, que generalmente implican inversiones de tipo económico.

Evidentemente, ambos tipos de mejora deben complementarse. La mejora de los grandes pasos se denomina *kairyō*, mientras que la mejora de los pequeños pasos, se denomina *kaizen* y en ella están implicados todos los miembros de la empresa. Tal como puede observarse en la figura, llega un momento en que los incrementos derivados de la introducción de mejoras son poco significativos.

<i>Kaizen</i>	<i>Kairyō</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Puede y debe implicar a todo el personal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implica a un número limitado de personas.
<ul style="list-style-type: none"> • Se hace el mantenimiento de lo que se tiene y se mejora con un <i>know-how</i> convencional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se construye un nuevo sistema con inversiones o nuevas tecnologías.
<ul style="list-style-type: none"> • Orientación centrada totalmente sobre el personal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Orientación hacia la tecnología.
<ul style="list-style-type: none"> • Requiere el reconocimiento de los esfuerzos incluso antes de los resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se realiza exclusivamente en función de los resultados esperados.
<ul style="list-style-type: none"> • Se obtiene con la utilización de herramientas de calidad y el ciclo PDCA (ciclo de Deming). 	<ul style="list-style-type: none"> • Se obtiene con innovaciones tecnológicas u organizativas.

Por otro lado, en un proceso de mejora continua las personas constituyen el capital más importante, según Taiichi Ohno “los recursos humanos son algo que se encuentran por encima de toda medida. La capacidad de esos recursos puede extenderse ilimitadamente cuando toda persona empieza a pensar”, y es que los operarios están en permanente contacto con el medio de trabajo, son los primeros

interesados por la organización del puesto, los mejor colocados para captar los problemas antes que nadie y en muchos casos los más capaces para imaginar las soluciones de mejora.



MÉTODO PRÁCTICO

Para la implantación de la filosofía *kaizen*, se crean unos grupos de trabajo, formados por técnicos, supervisores y operarios que aportan, desarrollan e implantan sus propias ideas dentro de su área de influencia. Los equipos se reúnen de forma continuada, durante la jornada laboral y el líder *lean* (escogido libremente entre sus miembros) distribuye el trabajo a realizar. La reunión se desarrolla según los principios del Ciclo de Deming o PDCA: observación de los puntos débiles de la situación actual, análisis, propuesta de mejora, prueba de mejora e implantación definitiva. Las normas de conducta en las reuniones son: asistencia obligatoria, levantar la mano para hablar, mantener la mente abierta y un espíritu positivo, entender lo que se dice, evitar conversaciones al margen y temas personales, divertirse durante la reunión y respetar las opiniones de los demás.

SEGUNDO PILAR: EL CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD

Las palabras Control Total de la Calidad fueron empleadas por primera vez por el norteamericano Feigenbaum, en la revista *Industrial Quality Control* en mayo de 1957, donde exponía que todos los departamentos de la empresa, deben implicarse en el control de la calidad, porque la responsabilidad del mismo recae en los empleados de todos los niveles. Según el Ishikawa, el Control Total de la Calidad presenta tres características básicas:

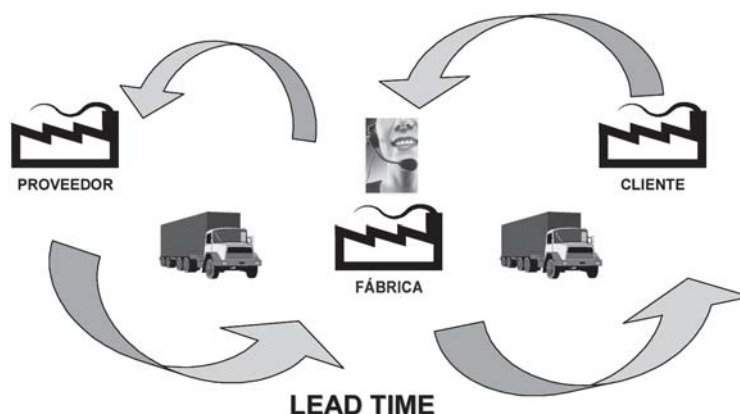
- Todos los departamentos participan del control de calidad. El control de calidad durante la fabricación (mediante el autocontrol y otras técnicas) reduce los costes de producción y los defectos, garantizando los costes bajos para el consumidor y la rentabilidad para la empresa.
- Todos los empleados participan del control de la calidad, pero también se incluyen en esta actividad, proveedores, distribuidores y otras personas relacionadas con la empresa.
- El control de la calidad se encuentra totalmente integrado con las otras funciones de la empresa.

TERCER PILAR: EL JUST IN TIME (JIT)

El sistema de producción *Just in Time* fue desarrollado por Taiichi Ohno, primer vicepresidente de Toyota Motor Corporation, con el objetivo de conseguir

reducir costes a través de la eliminación del despilfarro. Ohno empleó conceptos creados por Henry Ford y Walter Shewhart entre 1920 y 1930, desarrollando una filosofía de excelencia en la producción que ha superado todas las realizaciones anteriores. Debido a las ventajas que supuso, su filosofía fue adoptada por gran parte de las industrias japonesas, y posteriormente el interés por el JIT llegó a Europa y EE UU. No todas las empresas utilizan el término *just in time*, IBM utiliza el término producción de flujo continuo, Hewlett-Packard sistema de producción sin almacén y fabricación repetitiva, Motorola fabricación de ciclo corto y otras muchas empresas simplemente utilizan el término sistema Toyota.

Con el JIT se pretende fabricar los artículos necesarios en las cantidades requeridas y en el instante preciso, así por ejemplo, un proceso productivo se dice que funciona en JIT cuando dispone de la habilidad para poner a disposición de sus clientes “los artículos exactos, en el plazo de tiempo y en las cantidades solicitadas”. El periodo de tiempo que preocupa al cliente es el plazo de entrega (*lead time*), es decir el tiempo transcurrido desde que el cliente pasa un pedido hasta que recibe el material. Este es el tiempo de que dispone el cliente para planificar sus compras y lógicamente éste estará más satisfecho cuanto menor y más fiable sea el plazo de entrega.

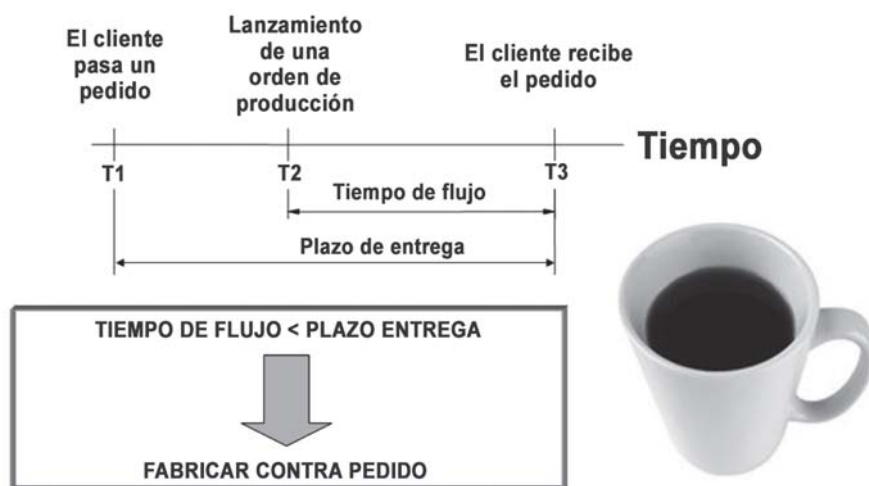


Por otra parte, al director de producción le preocupa el tiempo de flujo, que es el que transcurre desde que se lanza una orden de producción hasta que el producto está en condiciones de ser expedido. En el tiempo de flujo no se incluye el plazo de aprovisionamiento ni el tiempo de distribución. Para su cálculo, se puede utilizar, entre otras, la siguiente expresión:

$$\text{Tiempo de flujo estimado} = \frac{\text{Existencias de productos en curso}}{\text{Ventas a precio de coste}}$$

Si el tiempo de flujo es menor que el plazo de entrega, obviamente la fábrica puede producir contra pedido. Intuitivamente podemos entender este esquema con el proceso de elaboración de un café en un bar. Efectivamente, un cliente está dispuesto a esperarse tres o cuatro minutos a que le sirvan el café y el proceso de elaboración dura unos segundos, de manera que excepto en los bares de algunas universidades, los cafés se preparan cuando un cliente realiza un pedido.

Contra pedido



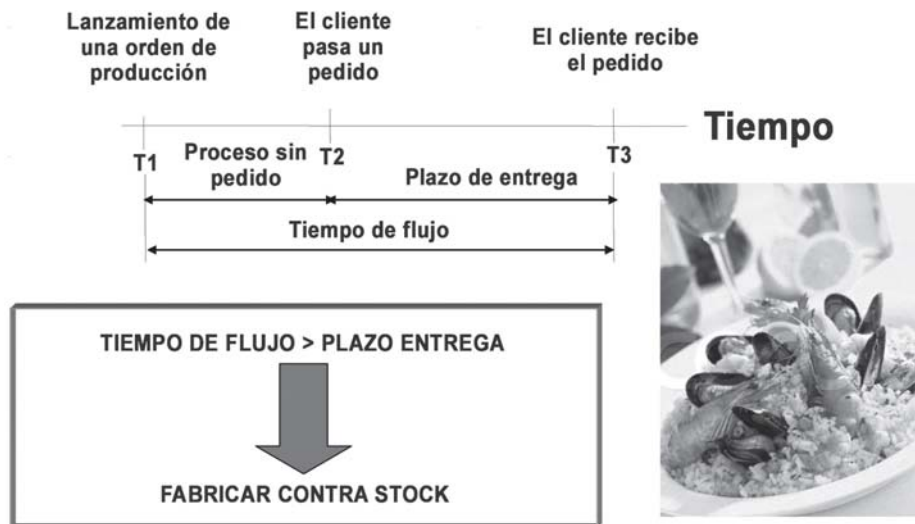
Sin embargo, si el plazo de entrega marcado por el cliente es menor que el tiempo de flujo, la fabricación debe iniciarse antes de la llegada del pedido del cliente, en consecuencia, la producción se organiza contra stock y la fábrica debe mantener existencias de producto terminado o en curso.

Contra stock

En este caso, se trata de un restaurante donde se sirven paellas¹, y el plazo de espera de un cliente es de 20 minutos, mientras que el proceso de elaboración

¹ La paella es un plato típico de la *región Valenciana* (España), cocinado en el recipiente del cual toma el nombre. Suele tener verduras y carne o marisco, pero los ingredientes básicos son el *arroz*, el *azafrán* y el *aceite de oliva*, a los que se añaden las cosas que se encuentran a mano en cada caso. Se trata de un sofrito de carne (*pollo* o *conejo*), verduras (*tomate*, judía verde, garrofón, *tavella*, *pimiento*), *azafrán* y aceite, al cual se añade agua y tras un tiempo de cocción, se añade el arroz, continuando la cocción hasta que el arroz absorba todo el caldo.

de una auténtica paella es mayor. Por esto, los restaurantes deben tener alguna parte del proceso ya realizado, es decir, producto semielaborado en stock, a la espera de que un cliente pida este exquisito plato.



Al cliente poco le importa si la empresa decide servir sus pedidos a partir de los artículos almacenados o fabricarlos contra pedido, siempre que cumpla el plazo de entrega establecido. Sin embargo, desde el punto de vista de la fábrica, sí que existe una gran diferencia, ya que cuando produce contra pedido no hay necesidad de adivinar lo que el cliente necesita. De esta manera no hay posibilidad de cometer errores en esta previsión. Cuando la empresa mantiene stocks, siempre existe la posibilidad de que éstas no concuerden con los pedidos de los clientes, debido a cambios en la moda, en la tecnología del producto, en las preferencias del cliente, etc., con lo que la fábrica tiene exceso de stock de productos sin salida que nadie quiere y en cambio le faltan los productos que los clientes piden. En este caso la empresa no está en condiciones de suministrar JIT y puede perder ventas.

En general, todo el mundo piensa que está ante una situación similar a la que se ha descrito para los restaurantes y no en la de las cafeterías. Entonces parece que no vale la pena continuar el discurso. Sin embargo en el ámbito del *lean manufacturing* se dispone de un mensaje: hay que cuestionar los tiempos estándar, hay que reducir el tiempo de flujo de manera que éste llegue a ser tan corto como sea posible. Los esfuerzos han de centrarse en la reducción (o eliminación) del tiempo desperdiciado en todo el proceso a fin de reducir el tiempo de flujo a valores inferiores al plazo de entrega, mientras se asegura una alta ca-

lidad y se reducen los costes incrementando la productividad. Este mensaje no solamente va dirigido a las grandes multinacionales sino también a las pequeñas y medianas empresa, que no deben buscar excusas para renunciar a esta tarea.

El concepto de justo a tiempo no es exclusivamente un procedimiento de control de materiales y stocks, válido únicamente para grandes compañías multinacionales, sino una filosofía de gestión, cuyo objetivo principal es la eliminación de cualquier despilfarro y la utilización al máximo de las capacidades de todos los empleados. Como es sabido, se entiende por despilfarro todo aquello que no añade valor al producto, como por ejemplo las sobreproducciones, la existencia de stock, el transporte de materiales, el tiempo de fabricación de productos defectuosos, la inspección de la calidad, el uso de procesos inadecuados, la preparación de la maquinaria o los movimientos inútiles de los operarios.

Por otra parte, muchas empresas han utilizado tradicionalmente sistemas de producción que podrían denominarse *push* (de empujar) como por ejemplo los MRP, que consisten en elaborar un programa de producción para cada proceso, y es el centro de trabajo anterior el que empuja, con su producción, las operaciones de los procesos siguientes. Cualquier desviación respecto a la programación genera problemas, que visualmente se manifiestan en acumulaciones innecesarias de productos en curso. En consecuencia, en los sistemas de empujar, el trabajo de control de la producción se concreta en mantenerla dentro del programa, tomando las medidas correctoras necesarias en caso de detectar alguna desviación.

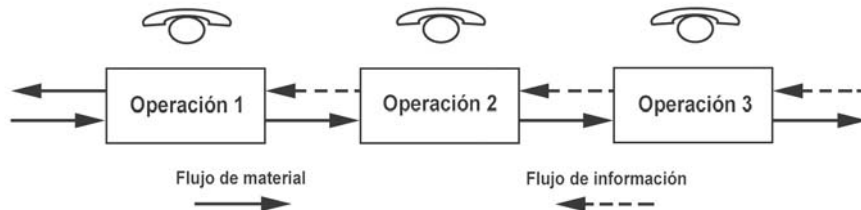


CONCEPTO CLAVE

Los sistemas *push* quedan desplazados por los de tipo *pull* (tirar de la producción). Esta evolución permite pasar de vender lo que se produce a producir lo que se ha vendido. En un sistema *pull* es el proceso siguiente el que recoge del anterior las piezas que necesita en la cantidad y momento preciso, de esta manera los operarios solo producen artículos cuando son necesarios para el proceso siguiente. No ocurre como en los sistemas tradicionales, donde cada operario produce el máximo número de piezas a la mayor velocidad posible, aunque las operaciones siguientes no las necesiten. De esta manera, normalmente se generan acumulaciones de productos en curso entre los diferentes centros de trabajo, y aumentos de los plazos de fabricación.

El resultado es que en un sistema *pull* se reduce el tiempo de fabricación y la cantidad de productos semielaborados, también se logran poner de manifiesto problemas que permanecían ocultos, como por ejemplo los provocados por los cuellos de botella. Otra gran ventaja que presenta un sistema *pull* es su

simplicidad, ya que no necesita un control informático complejo, y además una vez implantado puede mejorarse gradualmente hasta alcanzar niveles altos de eficiencia.



En la figura se observa cómo los materiales van pasando por las diferentes operaciones, desde la primera hasta la última. En cambio, las señales que cada operación envía a su anterior para comunicarle las órdenes de fabricación, van en sentido contrario. Cuando la operación número 3 se queda sin componentes para seguir trabajando o bien le quedan muy pocos, envía una señal a la operación anterior para comunicarle que necesita más componentes. Entonces, la operación número 2 fabrica las piezas que necesita la 3. Llegará un momento en que la operación número 2 se quedará también sin los componentes suficientes.

Por tanto, le enviará una señal a la operación número 1 para que inicie la fabricación de más componentes. Este mismo mecanismo se propaga hacia los procesos anteriores, de manera que no se produce ningún artículo si no es necesario para la operación siguiente. Es en el último centro de trabajo de la línea donde se inicia este mecanismo cuando hay una demanda de productos.

Para fabricar los productos necesarios en las cantidades requeridas y en el momento adecuado, los sistemas de producción *pull* utilizan de unas tarjetas denominadas *kanban* como sistema de información y control, basado en que cada proceso retira las piezas del proceso anterior en el instante y en la cantidad en que las va necesitando, con el fin de conseguir un flujo continuo de producción.

CONCEPTO DE DESPILFARRO



DEFINICIÓN

En anteriores apartados, se ha definido el despilfarro como todo aquello que no añade valor al producto, o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. El valor se añade cuando las materias primas se transforman del estado en

que se han recibido en otro estado de un grado superior de acabado que algún cliente está dispuesto a comprar. Cabe señalar que existen actividades necesarias para el sistema o proceso, pero sin valor añadido, y que no contribuyen a comunicar valor al producto o servicio. En este caso, estos despilfarros tendrán que ser asumidos.



CONCEPTO DE *HOSHIN*: LA GUERRA AL DESPILFARRO









En japonés *hoshin* significa brújula, y es el conjunto de actividades que tienen por objetivo la eliminación sistemática del despilfarro y todo aquello que resulte improductivo, inútil o que no aporte valor añadido. La idea fundamental de una operación *hoshin* es buscar por parte de todo el personal involucrado, soluciones simples y aplicables de inmediato tanto en la mejora de la organización del puesto de trabajo como en las instalaciones o flujos de producción. Sin duda, uno de los puntos clave del éxito es la implicación de todo el personal, desde la dirección hasta los operarios. A continuación se citan algunas recomendaciones para una operación *hoshin*:

- Otorgar la responsabilidad a los operarios.
- Respetar los planes de control y todas las normas de seguridad y riesgos laborales.
- Tratar inmediatamente y a fondo las dificultades encontradas.
- Tener la mente abierta a soluciones no estereotipadas.
- Seguimiento diario de la operación por parte de su responsable.
- Dirigir cuidadosamente los grupos de mantenimiento encargados de la reorganización.
- Implantar elementos propios de la comunicación y el control visual.

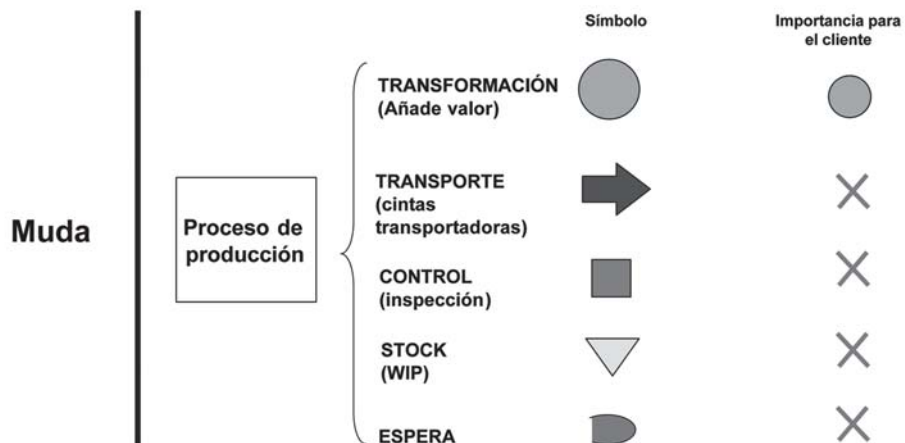
Un ejemplo de aplicación de las técnicas *hoshin* puede ser el estudio en profundidad del proceso productivo, en donde un equipo compuesto por miembros de todos los departamentos (considerando también a los operarios), realiza un estudio del flujo del producto partiendo del producto acabado y remontando hasta la recepción de los componentes. El objetivo de esta acción es evidenciar los procesos o actividades inútiles.

A esta técnica se la denomina *Value Stream Mapping* (VSM). En general, se distinguen cuatro tipos de operaciones, que pueden encontrarse en una fase

de fabricación: de valor añadido, de transporte, de control y de stock. Estas operaciones pueden asociarse con un símbolo según la tabla de mnemotécnica siguiente:

Cartografía	Mnemotécnica	Cartografía	Mnemotécnica
 Valor Añadido	 Redondo y relleno como un huevo	 Control	 Cuadrado como un peaje o un puesto aduana
 Desplazamiento	 Flecha como un tren	 Stock	 Triángulo hacia abajo como un silo

Teniendo en cuenta esta simbología, se realiza un estudio del proceso para conocer el número de operaciones con valor añadido respecto a las operaciones de transporte, control y stock. Una vez acabado un estudio de este tipo, se identifican las acciones que permiten reducir las operaciones que no aportan valor añadido a un producto.



TIPOS DE DESPILFARROS

En general los tipos de despilfarros son los siguientes: sobreproducción, tiempo de espera o tiempo vacío, transporte o movimientos innecesarios, sobreproceso, stock, defectos o errores humanos.

Despilfarro por “sobreproducción”

El desperdicio por sobreproducción es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria. La sobreproducción es un desperdicio fatal porque no incita a la mejora, ya que parece que todo funciona correctamente. Además, producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita, representa un consumo inútil de material, se incrementan los transportes internos y se llenan de stock los almacenes.

Así pues, el despilfarro de la sobreproducción es como una llave que abre la puerta a otras clases de despilfarro. La causa de este tipo de despilfarro radica en el exceso de capacidad de las máquinas. Los operarios, preocupados por no disminuir las tasas de operación emplean el exceso de capacidad fabricando productos en exceso. En las empresas de servicios la sobreproducción se manifiesta en proyectos, informes, libros, revistas, catálogos para los cuales nadie tiene interés en leer.



Características:

- Gran cantidad de stock.
- Equipos sobredimensionados.
- Flujo de producción no balanceado o nivelado.
- Presión sobre la producción para aumentar la utilización.
- No hay prisa para atacar los problemas de calidad.
- Tamaño grande de los lotes de fabricación.
- Excesivo material obsoleto.
- Necesidad de espacio extra para almacenaje.

Algunas causas posibles:

- Procesos no capaces.

- Pobre aplicación de la automatización.
- Tiempos de cambio y de preparación demasiado largos.
- Procesos poco fiables.
- Programación inestable.
- Respuesta a las previsiones, no a las demandas.
- Falta de comunicación.

Propuesta de respuesta para este tipo de despilfarro:

- Flujo pieza a pieza (lote unitario de producción).
- Plena implementación del sistema *pull* (*kanban*).
- Operaciones simples de cambio de utillajes y herramientas (SMED), para reducir el tiempo necesario para tales operaciones.
- Reducción de horas de trabajo de los operarios.
- Nivelación de la producción (utilización de las herramientas *Heijunka*).
- Revolución del concepto del inventario.
- Establecer un programa de estandarización de las operaciones para mantener la sincronía con el proceso de producción.

Nota: En los apartados de propuestas de respuestas para este tipo de despilfarro aparecen nombres de algunas técnicas (SMED, *kanban*, operarios polivalentes, *poka yoke*, etc.), propias de la filosofía *lean manufacturing*. Esto quiere decir que para la eliminación o reducción del despilfarro deberá contarse con el conocimiento de técnicas que se expondrán en apartados posteriores.

Despilfarro por “tiempo de espera” o “tiempo vacío”

El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o proceso ineficiente. Los procesos establecidos pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo. Un cliente nunca estará dispuesto a pagar el tiempo perdido durante la fabricación de su producto, así que es preciso estudiar cómo utilizar estos tiempos o bien cómo eliminarlos.

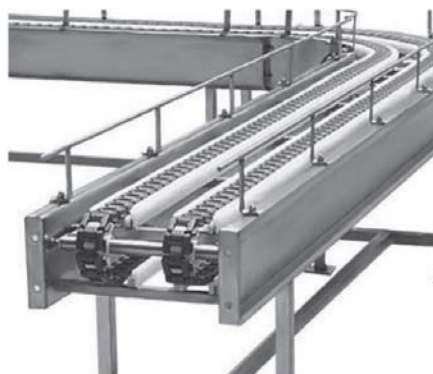
Características:

- El operario espera a que la máquina termine.
- La máquina espera a que el operario acabe una tarea pendiente.
- Un operario espera a otro operario.
- Exceso de colas de material dentro del proceso.
- Paradas no planificadas.

- Tiempo para ejecutar otras tareas indirectas.
- Tiempo para ejecutar reproceso.

Algunas causas posibles:

- Métodos de trabajo poco consistentes.
- *Layout* deficiente por acumulación o dispersión de procesos.
- Desequilibrios de capacidad.
- Producción en grandes lotes.
- Pobre coordinación entre operarios y/o entre operarios y máquinas.
- Tiempos de preparación de máquina o cambios de utillajes complejos.
- Falta de maquinaria apropiada.
- Operaciones “caravana”: falta personal y los operarios procesan lotes en más de un puesto de trabajo.
- Operaciones retrasadas por omisión de materiales o piezas.



Propuesta de respuesta para este tipo de despilfarro:

- Nivelación de la producción. Equilibrado de la línea.
- *Layout* específico de producto (fabricación en células en U).
- *Poka-yoke* (sistemas o procesos a prueba de errores).
- Autonomatización con un toque humano (*Jidoka*).
- Cambio rápido de herramientas, plantillas, utillajes, moldes, troqueles, etc. (SMED).
- Introducción de la formación en la propia línea de fabricación. Adiestramiento polivalente de operarios.
- Evaluar el sistema de entregas de proveedores.
- Mejorar la manutención de la línea de acuerdo con la secuencia de montaje.

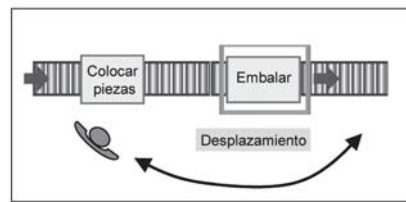
Despilfarro por “transporte” y “movimientos innecesarios”

El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario, quizás por culpa de un *layout* mal diseñado. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario. En este sentido, es importante optimizar

la disposición de las máquinas y los trayectos de los suministradores. Además, cuantas más veces se mueven los artículos de un lado para otro, mayores son las probabilidades de que resulten dañados. En las empresas de servicios estos despilfarros pueden hacerse evidentes en procesos con varios desplazamientos evitables entre departamentos de la empresa, viajes de profesionales, comidas y reuniones sin rendimiento efectivo, autobuses en itinerarios u horarios en donde no hay viajeros, etc.

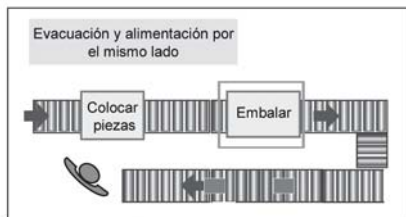
Características

- Los contenedores son demasiado grandes, pesados o, en definitiva, difíciles de manipular.
- Exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales dentro del proceso.
- Las carretillas o traspaleas circulan vacías por la planta.



Algunas causas posibles

- *Layout* mal diseñado. Deficiencias en la distribución en planta del proceso industrial.
- Gran tamaño de los lotes.
- Programas no uniformes.
- Tiempos de cambio o de preparación demasiado largos.
- Falta de organización en el puesto de trabajo.
- Excesivo stock intermedio.
- Pobre eficiencia de operarios y máquinas.



Propuesta de respuesta para este tipo de despilfarro

- *Layout* del equipo basado en células de fabricación flexibles.
- Cambio gradual a la producción y distribución en flujo, para tener cada pieza de trabajo moviéndose a través de la cadena de procesos de forma que sean correctamente procesadas en el tiempo de ciclo fijado.
- Trabajadores polivalentes (multifuncionales).

Despilfarro por “sobrepceso”

El desperdicio por sobrepceso es el resultado de poner más valor añadido en el producto que el esperado o el valorado por el cliente, en otras palabras,

es la consecuencia de someter al producto a procesos inútiles, por ejemplo: verificaciones adicionales, aplicaciones innecesarias de pintura, algunos trabajos de limpieza, etc. El objetivo de un proceso productivo debería ser obtener el producto acabado sin aplicar más tiempo y esfuerzo que el requerido. En las empresas de servicios estos despilfarros se manifiestan en procesos administrativos burocráticos, innecesariamente complejos o pesados.

Características

- No existe estandarización de las mejores técnicas o procedimientos.
- Maquinaria mal diseñada o capacidad calculada incorrectamente.
- Aprobaciones redundantes o procesos burocráticos inútiles.
- Excesiva información (que nadie utiliza y que no sirve para nada).
- Falta de especificaciones y ejemplos claros de trabajo.



Algunas causas posibles:

- Cambios de ingeniería sin cambios de proceso.
- Toma de decisiones a niveles inapropiados.
- Procedimientos y políticas no efectivos.
- Falta de información de los clientes con respecto a los requerimientos.

Propuesta de respuesta para este tipo de despilfarro

- Diseño del proceso más apropiado mediante un flujo continuo de una unidad cada vez.
- Análisis y revisión detallada de las operaciones y los procesos.
- Mejora de plantillas empleando el concepto de la automatización humana.
- Plena implementación de la estandarización de procesos.

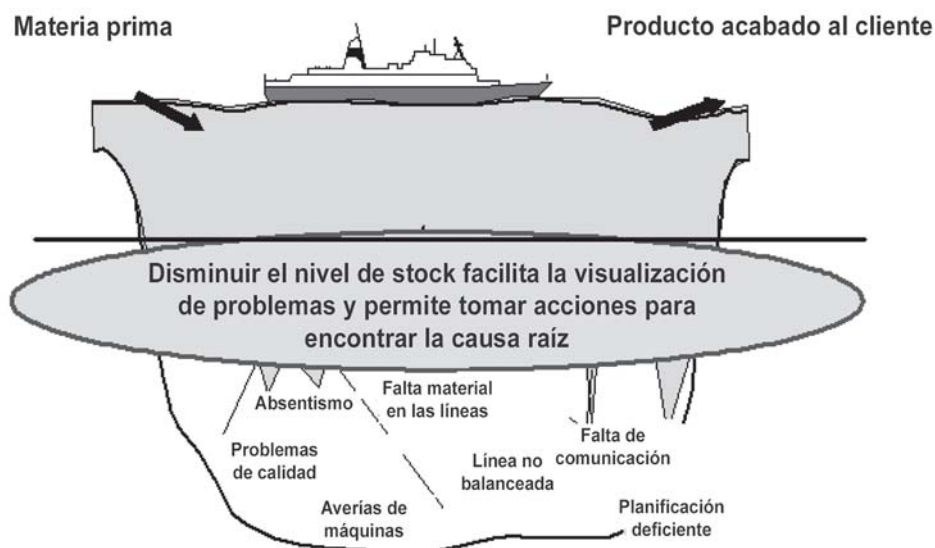
Despilfarro por exceso de inventario

Los stocks son la forma de despilfarro más clara porque esconden ineficiencias y problemas crónicos. Como consecuencia de sus relaciones con estos problemas, los directores japoneses han denominado al stock la “raíz de todos los males”. Desde la óptica JIT, los inventarios se contemplan como los síntomas de una fábrica enferma, de la misma manera que los médicos observan como síntomas típicos de la gripe, la fatiga, la fiebre y el malestar general, los

doctores JIT ven a los stocks como los síntomas de la mala salud en las operaciones de una fábrica. Algunos argumentos para considerar los stocks como síntomas de una enfermedad son los siguientes:

- Encubren los stocks muertos que generalmente, se detectan una vez al año, cuando se realizan los inventarios físicos. Se trata de productos y materiales que no sirven para nada porque son obsoletos, caducados, rotos, etc., pero que no se han dado de baja.
- Los stocks necesitan cuidados, mantenimiento, vigilancias, contabilidad, gestión etc.
- Agobian las partidas de los activos de los balances, principalmente las del activo corriente. La expresión “inversión en stocks” es un error, porque no ofrecen retribución sobre las inversiones y por tanto no pueden ser considerados como tales en ningún momento. También agobian las partidas del inmovilizado material si son necesarias instalaciones de almacenamiento automático o inteligente.

El despilfarro por stock es el resultado de tener mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más inmediatas. El hecho de que se acumule material antes y después del proceso indica que hay stock innecesario y que el flujo de producción no es continuo. En este caso, se deberían monitorizar las actividades intermedias para identificar y resolver el problema.



Detrás de los síntomas de las montañas de materiales se encuentran las causas de la enfermedad. Una vez identificadas las causas, empieza el tratamiento terapéutico o quirúrgico. Un requisito importante para eliminar el despilfarro del inventario es un cambio de mentalidad en la organización y la gestión de la producción. Las personas tienden a tomar de forma natural el camino más fácil. Tal como se ha comentado, el mantenimiento de pilas de stocks permite mantener los problemas ocultos,... pero nunca cómo resolverlos. Tradicionalmente, esto se explica mediante el símil del barco que navega por un río, desde la materia prima hasta los productos acabados para servir la demanda de los clientes. El nivel del agua representa el nivel de los stocks y las rocas del fondo los problemas: averías, absentismo, entregas de proveedores, etc.

Características

- Excesivos días con el producto acabado o semielaborado. Rotación baja de existencias.
- Grandes costes de movimiento y de mantenimiento o posesión del stock.
- Excesivo equipo de manipulación (carretillas elevadoras, etc.).
- Excesivo espacio dedicado al almacén.
- Containers o cajas demasiado grandes.

Algunas causas posibles:

- Procesos con poca capacidad.
- Cuellos de botella no identificados o incontrolados.
- Proveedores no capaces.
- Tiempos de cambio de máquina o de preparación de trabajos excesivamente largos.
- Previsiones de ventas erróneas.
- Decisiones de la dirección general de la empresa.
- Retrabajo (volver a procesar algo por segunda vez) por defectos de calidad del producto.
- Problemas e ineficiencias ocultas.

Despilfarro por defectos

El despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria, aunque significa una gran pérdida de productividad, porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores para conseguir productos acabados

con la calidad exigida, eliminando así cualquier necesidad de retrabajo o de inspecciones adicionales. También debería haber un control de calidad en tiempo real de modo que los defectos en el proceso productivo se detecten justo cuando suceden, minimizando así el número de piezas sospechosas que requieren inspección adicional y/o repetición de trabajos.

Características

- Pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero.
- Planificación inconsistente.
- Calidad cuestionable.
- Flujo de proceso complejo.
- Recursos humanos adicionales para operaciones de inspección y repetición de trabajos.
- Espacio y herramientas extra para el retrabajo.
- Maquinaria poco fiable.
- Baja moral de los operarios.

Algunas causas posibles:

- Disposición de maquinaria inadecuada o ineficiente.
- Proveedores o procesos no capaces.
- Errores de los operarios.
- Entrenamiento y/o experiencia del operario inadecuada.
- Herramientas o utillajes inadecuados.
- Proceso productivo deficiente.



Propuesta de respuesta para este tipo de despilfarro

- Autonomatización con toque humano (*jidoka*) y definición de la estandarización de las operaciones.
- Implantación de elementos de aviso o señales de alarma (*andon*).
- *Poka-yoke* (a prueba de errores). En la imagen adjunta se muestra un *poka-yoke* para evitar el error al efectuar conexiones de tipo electrónico.
- Incremento de la fiabilidad de las máquinas: implantación de un sistema de mantenimiento productivo.



- Aseguramiento de la calidad en cada actividad, evitando el control al final del proceso.
- Producción en flujo continuo para eliminar manipulaciones de las piezas de trabajo.
- Implementación de estándares (para el uso de máquinas, operaciones, control, gestión, compras, etc.), seguidos para asegurar la consistencia en la calidad del producto y en la metodología de la fabricación.
- Establecimiento del control visual empleando herramientas tales como *kanban*, 5S y *andon*.

RECONOCER EL DESPILFARRO

Tal como se intuye a partir de los párrafos anteriores, un objetivo fundamental de una empresa *lean* es alcanzar la cota de despilfarro cero en todos los procesos y operaciones. En los apartados anteriores se ha intentado reconocer el despilfarro, lo cual no es fácil, porque a veces está escondido.

Por ejemplo en la operación de roscado de un tornillo, realmente solo la última vuelta del destornillador añade valor, de manera que quizás una gota de cola podría hacer la misma función.

A continuación se presenta un ejemplo de mejora aplicado en la zona de expediciones de una empresa. La utilización de una simple espuma evita el deterioro de las piezas. Esta mejora fue introducida por el propio operario y es una evidente contribución a la reducción del despilfarro por piezas defectuosas.



Finalmente, cabe señalar que el despilfarro no solo debe buscarse en el ámbito de la producción sino también en la administración de la empresa, lo cual obliga a considerar dos áreas adicionales de despilfarro potencial: la información y el desprecio de la capacidad creativa de los empleados. Una empresa que no pueda aprender cómo captar, reunir, compartir, y procesar la información que posee y la capacidad creativa de sus empleados, es una empresa que nunca alcanzará el nivel *lean*.



■ SÍNTESIS CONCEPTUAL

RESUMEN

Entendemos por *lean manufacturing* (en castellano "producción ajustada"), la persecución de una mejora simultánea en todas las métricas de funcionamiento en fabricación mediante la eliminación del despilfarro, a través de proyectos que cambian la organización física del trabajo en la línea de fabricación, en la logística y en el control de producción a través de toda la cadena de suministro, y en la forma en que se aplica el esfuerzo humano, tanto en las tareas de producción como en las de apoyo.

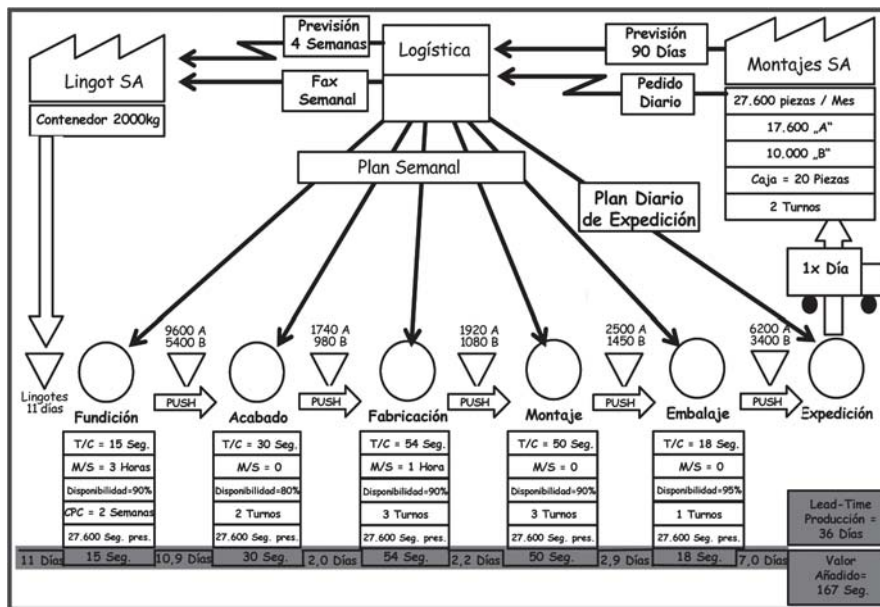
Los pilares del *lean manufacturing* son: la filosofía *kaizen* (el concepto de la mejora continua), el control total de la calidad en todas las actividades, y el *just in time* que consiste en producir los artículos necesarios en el momento preciso, en las cantidades debidas para satisfacer la demanda combinando simultáneamente flexibilidad, calidad y coste. El despilfarro, como todo aquello que no añade valor al producto o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. Una vez iniciada la batalla para la erradicación del despilfarro, hay que entrenar la vista para su localización e identificar los distintos tipos en que éste puede presentarse en la fábrica: sobreproducción, tiempo de espera o tiempo de vacío, transporte o movimientos innecesarios, sobreproceso, stock, defectos o errores generados por los operarios.

2

Situación actual. Value Stream Mapping (VSM)

Las grandes multinacionales son empresas pequeñas que han tenido éxito.

ROBERT TOWNSEND



Antes de iniciar un proceso de implantación de *lean manufacturing*, es necesario cartografiar la situación actual, mostrando el flujo de material y de información. En su libro *Lean Thinking*, Womack y Jones explican que la cartografía persigue identificar todas las actividades que ocurren a lo largo de un flujo de valor para un producto o familia de productos. Para llevar esto a la práctica deben recogerse todos los datos de la planta, sin confiar en informes pasados. Esta tarea no es necesariamente una actividad individual, ya que es importante desde el inicio, involucrar a todos los miembros que participarán en el desarrollo del proyecto de implantación de los sistemas *lean*.

OBJETIVOS DEL VSM (*VALUE STREAM MAPPING*)



OBJETIVOS

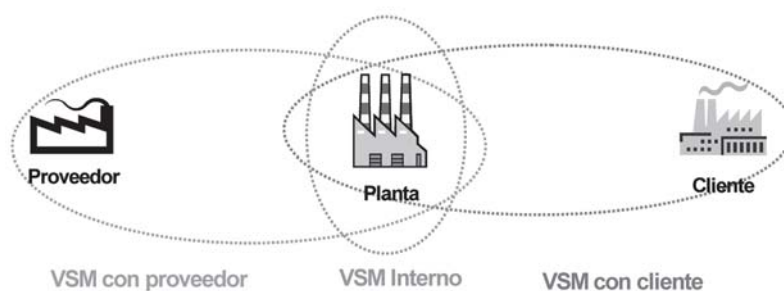
El objetivo de este capítulo es mostrar cómo se puede representar esquemáticamente cualquier proceso productivo, logístico o administrativo, de forma que permita una fácil identificación de las operaciones que aportan valor con respecto a las operaciones que serán consideradas *mudas*, permitiendo esto priorizar la acción de mejora futura, comprobar asimismo el correcto cumplimiento con respecto a la demanda y que deje a la vista al mismo tiempo las posibles dificultades para satisfacerla. La representación deberá contemplar además el análisis de todas las comunicaciones e informaciones relativas al proceso, de modo que se encuentren reflejadas el conjunto de las variables que afectan al sistema.

VSM (*VALUE STREAM MAPPING*)



MÉTODO PRÁCTICO

El primer paso para que la empresa se encamine hacia *lean manufacturing*, es conocer cuál es la situación inicial de partida. No se puede comenzar a trabajar el proceso de mejora si no se tiene claro por dónde hay que empezar, de qué manera hay que actuar, qué recursos se necesitan, etc. La manera de autoevaluarse consiste en realizar un *value stream mapping* o "mapa de la cadena de valor" que permite llegar a conclusiones que constituirán la base para la futura mejora organizativa.



El *value stream mapping* (de ahora en adelante VSM), es una visión del negocio donde se muestra tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Se trata de plasmar en un papel de una manera sencilla y visual, todas aquellas actividades que se realizan actualmente

para obtener un producto, para identificar así cuál es la cadena de valor (actividades necesarias para transformar materiales e información en un producto terminado o en un servicio).

Al obtener de una forma muy visual el mapa de la cadena de valor, permite identificar las actividades que no aportan valor añadido al negocio, con el fin de eliminarlas y poder ser más eficientes. Los beneficios de la aplicación del VSM son: ayudar a visualizar más de un simple proceso, vincular el flujo de información y el de materiales en un solo mapa utilizando un único lenguaje y también obtener un sistema estructurado para implementar mejoras.



CONCEPTO CLAVE

La cuestión clave es: ¿dónde puede aplicarse un VSM? Con el fin de facilitar la respuesta a esta pregunta y la comprensión de la exposición de los conceptos vinculados a este tema se presentará un caso práctico de forma paralela a las explicaciones teóricas, basado en una empresa fabricante de bicicletas plegables. La empresa BIPLESA (Bicicletas Plegables S.A.), ha realizando un estudio de mercado y ha visto que desgraciadamente, está perdiendo competitividad, en parte por el aumento de empresas nacionales dedicadas a la fabricación del mismo tipo de bicicletas y en parte a la introducción de nuevos mercados del este de Europa y Asia.

Por este motivo, la dirección de BIPLESA ha decidido mejorar en la medida de lo posible su eficiencia en la parte productiva para poder competir así dentro de su sector. Para ello, contratan una empresa consultora especialista en *lean manufacturing* para que analice cuál es su situación actual y diseñe una estrategia para la mejora de la eficiencia. El primer paso que marca la consultoría, para poder analizar su situación y así poder establecer líneas de actuación, es realizar un VSM. El proceso se inicia con una fase de formación a directivos y operarios sobre el concepto de *lean manufacturing* y cómo se emplea y desarrolla la herramienta VSM.

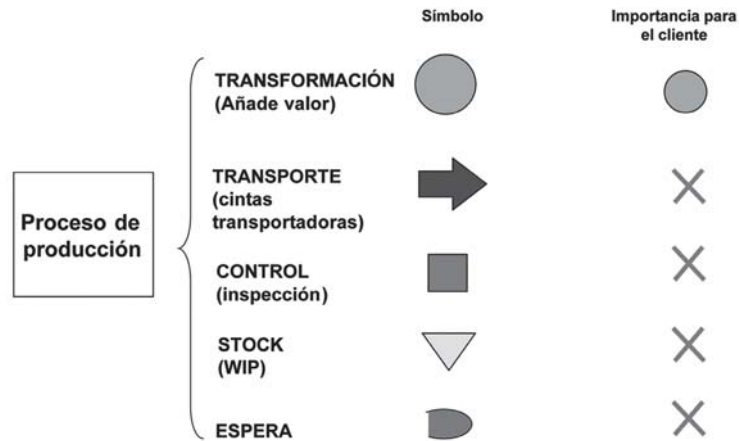
SELECCIÓN DEL PRODUCTO



MÉTODO PRÁCTICO

Para realizar el estudio de la cadena de valor, primero de todo se debe elegir el producto que interese en función de las necesidades que se tengan en ese momento, como tiempo elevado de proceso, sobreproducción, *lead time* elevado, etc. Será interesante elegir un producto perteneciente a una familia de productos que compartan la mayor cantidad de procesos y operaciones, ya que

En este formato, se apunta para cada paso, si se trata de una operación, una inspección, un transporte, una espera o un stock. De esta forma tan visual se pueden ver los procesos que realmente aportan valor añadido al producto.



Paralelamente, se toma nota de los datos numéricos asociados a cada parte del proceso, como por ejemplo el tiempo necesario, la distancia recorrida, la superficie ocupada, la cantidad de piezas en stock, etc. También se anotan todos los datos referentes a las líneas de producción, como cadencia de trabajo, tiempo de ciclo, etc., utilizando el formato de 'Hoja de datos de proceso' cuyo posible formato se adjunta a continuación.

HOJA DE DATOS DE PROCESO

Familia:

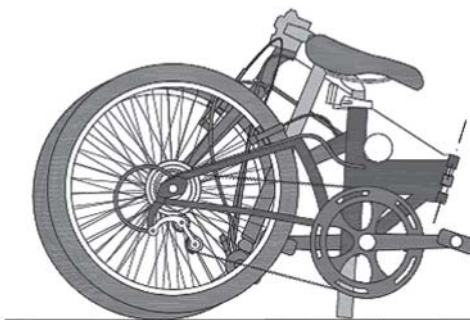
Fecha:

	Datos
Proceso	
Número de personas	
Número de máquinas	
Tiempo de cambio de serie	
Tiempo de ciclo	
WIP	
Tasa defectos	
Superficie m ²	
OEE	



Habrá que apuntar lo que realmente ocurre, lo que pasa en el área de trabajo, como si se hiciera una foto en ese momento, el objetivo es observar el *gemba* y poder hablar con datos en la mano. No se supone qué ocurre, ni se piensa como se hace normalmente, sino cómo está pasando ahora. En el caso de que no se vea con claridad, se pregunta a la persona responsable para que ésta pueda explicar cómo se produce el proceso.

En primer lugar, hay que crear un taller de trabajo o *workshop*. En este *workshop* han de participar personas de diferentes departamentos de la organización, con el fin de obtener información de diferentes áreas: producción, ingeniería, logística, etc. Una vez creado el grupo de trabajo, hay que elegir el producto a estudiar.



		PROCESOS						FAMILIA DE PRODUCTOS
		Pre-montaje Cuadro	Montaje Cuadro	Montaje Elementos	Montaje Elementos infantiles	Pruebas resistencia	Verificación + packaging	
PRODUCTOS	Urbano Estándar		X	X			X	
	Urbano Clásico		X	X			X	
	New Urban		X	X			X	
	Montaña Competition	X		X		X		X
	Infantil		X		X		X	



CONCEPTO CLAVE

En este caso se decide analizar el flujo de operaciones que se realiza para obtener la bicicleta "modelo urbano estándar", debido a que es un producto perteneciente a la familia de bicicletas de la clase urbana que engloba las características del resto de la familia. Una vez que el grupo de trabajo ha seleccionado el producto, eligen una pieza representativa de este producto. Con esta pieza conocida se marcharán en grupo hacia expediciones, último proceso de la orga-

nización, donde comenzarán a analizar la situación e irán rellenoando el formato "Análisis del flujo de proceso" con todos los datos que vayan obteniendo paso a paso "aguas arriba".

En primer lugar, se anota la carga del camión de cliente, posteriormente la preparación del material en expediciones, el transporte desde el almacén hasta la zona de preparación, etc., así "aguas arriba" hasta llegar a la entrada de material por el almacén de recepción de materiales.

HOJA DE DATOS DE PROCESO										
Producto: Urbano Estándar		Pieza: Cuadro		Area: Producción		Fecha: 16/06/2006		<input type="checkbox"/> Transformación <input type="checkbox"/> Transporte <input type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Stock / Espera		
Nº	Descripción	Símbolos				Datos				Observaciones
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiempo (min)	Cantidad (uds)	Distancia (metros)	Superficie (m2)	
1	Carga de camión de cliente	X	X					20		
2	Stock preparado en expediciones				X		100	120		
3	Preparar material en expediciones	X				10	9	10		
4	Desplazamiento material		X					25		
5	Producto acabado en almacén				X		920	825		
6	Desplazamiento material		X					65		
7	Verificación y packaging	X		X		7,8				
8	Desplazamiento material		X					13		
9	Almacenaje antes de verificación				X		680	610		
10	Desplazamiento material		X					10		
11	Montaje elementos	X				6,6				
12	Desplazamiento material		X					9		
13	Almacenaje antes de montaje				X		450	300		
14	Desplazamiento material		X					9		
15	Montaje cuadro	X								
16	Desplazamiento material desde almacén entrada		X					90		
17	Recepción de material en almacén de entrada	X			X		1000			
18	Envío de proveedor a fábrica		X					25KM		
19	Stock proveedor				X	15				

Al mismo tiempo se rellena la "Hoja de datos de proceso" con los valores numéricos necesarios. En este caso se ha agrupado en una sola tabla los datos de los tres procesos estudiados: montaje del cuadro, montaje de elementos y verificación y *packaging*.




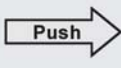




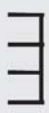
Hojas de datos de procesos del modelo urbano estándar

PROCESO	MONTAJE CUADRO	MONTAJE ELEMENTOS	VERIFICACIÓN Y PACKAGING
Tiempo de ciclo	3,5 minutos	6,6 minutos	7,8 minutos
Número de operarios	6	8	8
Número de turnos	2	2	3
WIP antes	64	30	22
Superficie m ²	10	15	30
OEE	75%	77%	70%

SIMBOLOGÍA PARA EL VSM

Como es sabido, un signo cumple su función de una manera directa (puede formar parte de un lenguaje visual, como ocurre con las señales de tráfico). Los signos presentan la particularidad de que ofrecen un mensaje simple de relevancia inmediata y momentánea. Por su parte, un símbolo es una imagen que representa una idea, que compendia una verdad universal. Un sistema de símbolos se compone de un conjunto de símbolos interrelacionados.




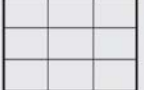


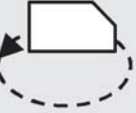



Para establecer el VSM se dispone de un sistema formal de símbolos que permite representar en un papel todos los procesos encontrados en un sistema productivo. Para el caso del flujo de materiales, estos símbolos son los que se adjuntan a continuación:

Simbolos del Flujo de Materiales				
	Operación de Valor Añadido	Operación de Control	1000 piezas 1.3 días Material Parado	Movimiento de Materiales Empujado
	Movimiento de Material Tirado	T/C: 65 seg. C/S: 400 seg. 2 Turnos OEE: 60% Datos de Proceso	máx. 30 Piezas —FIFO— Flujo de Materiales en Secuencia	 Localizaciones Externas
	Transporte por Camión		Transporte interno	 Supermercado

Una vez dibujado el mapa de la situación actual con respecto al flujo de materiales, se debe seguir el flujo de la información existente entre los clientes, la planta y todos los proveedores. Habrá que tomar nota si se trata de una comunicación electrónica o manual, si existe un sistema de los llamados *kanban* de tarjetas o un sistema de programación de la producción, etc.



La simbología estándar que se utiliza para la identificación del flujo de la información es la siguiente:

Símbolos del Flujo de Información				
	Flujo de Información Manual	Flujo de Información Electrónico	Plan de Producción	Caja de Nivelado
				
	Kanban de Lote de Producción	Kanban de Movimiento	Kanban de Producción	Movimiento de Kanban en Lote
				
	Secuenciador	Ajustes "Informales" del Plan de Producción		

Una vez obtenidos todos los pasos de los diferentes procesos necesarios para la obtención del producto, eso sí, hacia atrás, el grupo de trabajo se retira a una sala donde comenzarán a dibujar siempre a mano, con papel y lápiz, los diferentes símbolos estándares para cada tarea, para obtener así el mapa actual. A continuación se presentan los pasos para la elaboración del VSM:

1. Flujo de materiales a partir del cliente.
2. Se representan las operaciones apuntadas en la hoja "Análisis del flujo del proceso".
3. Se representa el flujo de información.
4. Se calcula y representa el *lead time*.
5. Se dispone del mapa completo.

DIBUJO DEL VSM: FLUJO DE MATERIALES A PARTIR DEL CLIENTE

Se comienza el *flujo de materiales* siempre por el cliente, con los datos referentes al producto seleccionado. Se dibuja una caja de datos debajo del icono del cliente y se anotan todos los requerimientos o condiciones. Se deben incluir las necesidades mensuales y diarias de cada producto, y el número de contenedores necesarios por día.

En los iconos de camión deben anotarse de forma precisa las frecuencias de las entregas.

Seguidamente se colocan las diferentes operaciones apuntadas en la hoja “Análisis del flujo del proceso”. Junto con todos los datos numéricos que se han obtenido.

Se representan las operaciones del proceso de fabricación. Cada proceso se representa con un icono, que se etiqueta y se dibujan cajas para los datos debajo de cada icono del proceso.

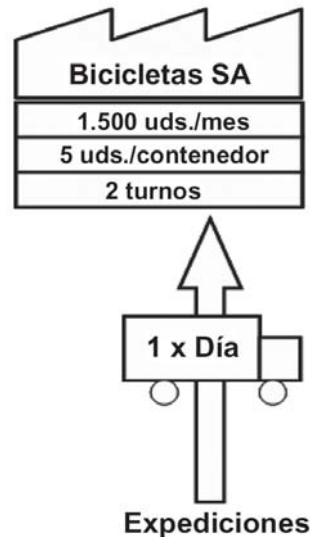
Una vez representados todos los procesos con sus respectivos datos numéricos, se añade el *flujo de información*, tanto electrónica como manual.

Se dibujan los iconos de stocks en los lugares donde estos aparecen. Se anotan todas las cantidades.

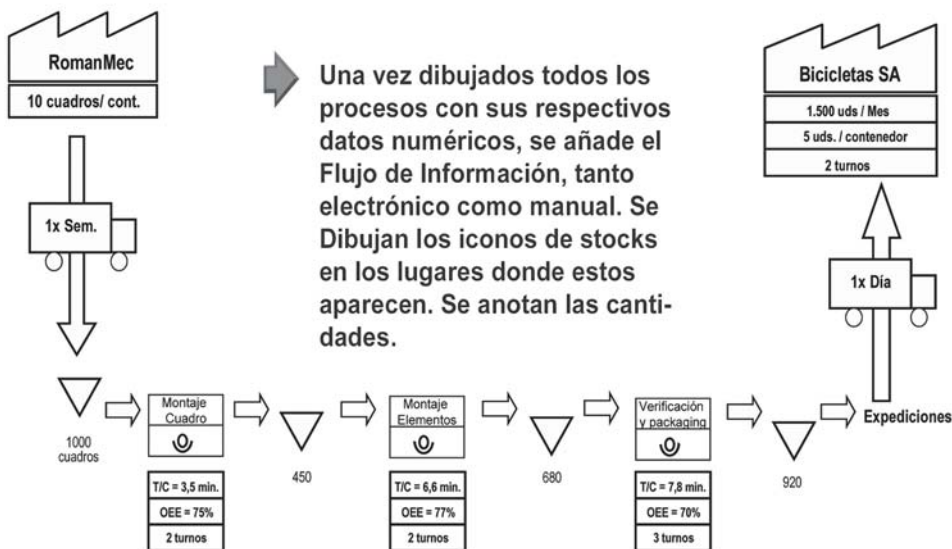
Después de que todos los miembros del equipo están de acuerdo con los detalles del VSM, se hace una versión final. Independientemente de la complejidad del proceso objeto de estudio, puede decirse que el objetivo siempre es el mismo: anotar con suficiente detalle para entender el funcionamiento, pero no tanto para convertir el mapa en algo confuso y difícil de entender.

Finalmente, para dibujar el VSM que define la situación actual del sistema conviene tener presente las siguientes consideraciones:

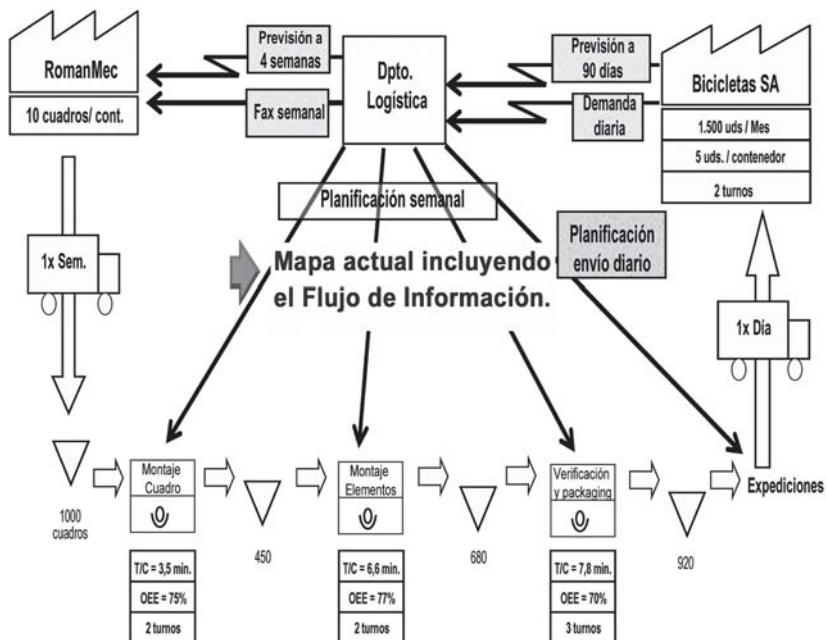
- Se debe entender cuál es la situación inicial antes de poder decidir hacia dónde se desea ir.
- La información que se representa ha de ser precisa (tomando datos cuantificados) y útil de manera que deben evitarse los datos irrelevantes.
- La información debe recogerse en la planta (*gemba*), ya que obviamente no deben usarse datos de tipo estándar. Durante la fase de recogida de datos debe aprovecharse la oportunidad de escuchar las opiniones y las preocupaciones de los operarios, porque la conversión en una empresa *lean* incluye la integración en el proceso de los conocimientos y la creatividad de todos.
- Para la representación gráfica deben utilizarse los símbolos establecidos y se recomienda utilizar un lápiz o una pizarra ya que se producirán numerosos cambios.
- Debe anotarse solo el proceso, no las excepciones en dicho proceso.



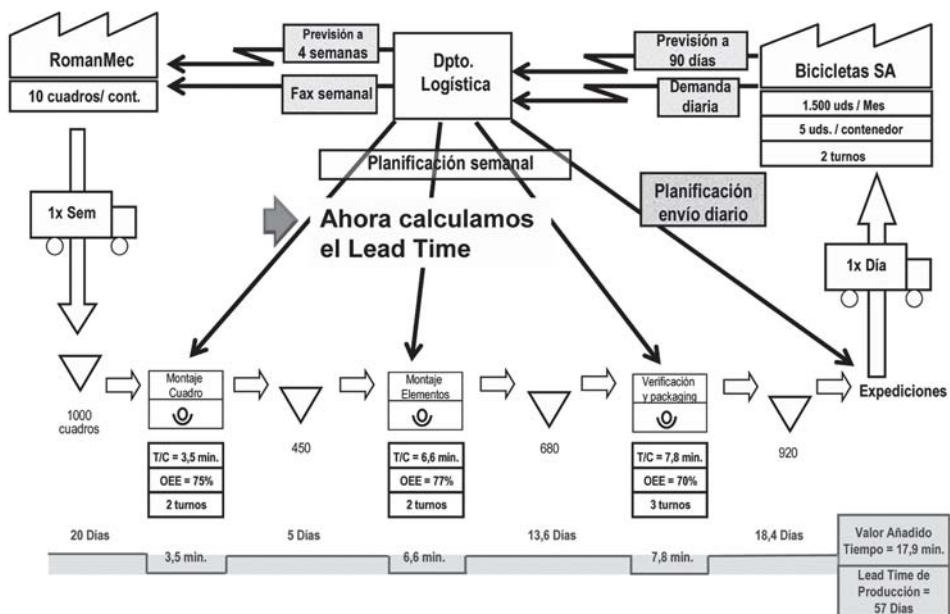
Flujo de Material



Flujo de Información



Mapa completo

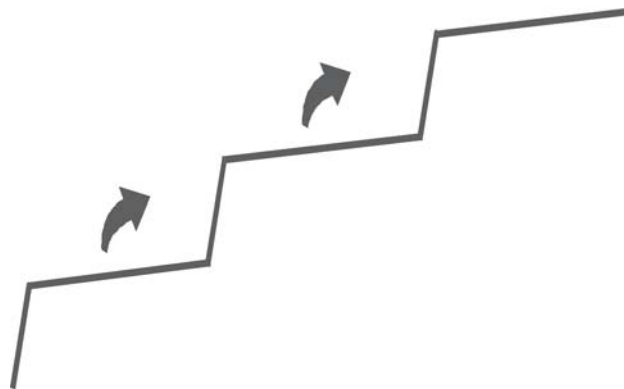


3

Oportunidades de mejora: herramientas *lean*

*Lo que hizo un jugador el año pasado ya no vale,
lo que has hecho en el pasado ya no sirve.*

JOHAN CRUYFF



Una vez representado el mapa de la cadena de valor del estado actual, hay que dibujar el mapa del estado futuro, es decir, la situación a la que se quiere llegar para alcanzar el nivel más alto de eficiencia. Para ello, deberán identificarse oportunidades de mejora (no necesariamente problemas) sobre este mapa actual para poder trabajar en ellas y de esta manera hacer realidad el estado futuro deseado. Las herramientas *lean* serán consideradas como la base de estas oportunidades de mejora.

■ INTRODUCCIÓN

A partir del mapa actual se diseñará un mapa futuro sin despilfarros, y si los hay serán los mínimos necesarios para el desarrollo de las operaciones, como alimentaciones de maquinaria, descarga de camiones con materia prima, etc. En este mapa futuro se apreciará un flujo continuo durante el transcurso de todas las operaciones y los niveles de stock tanto de materiales en curso como

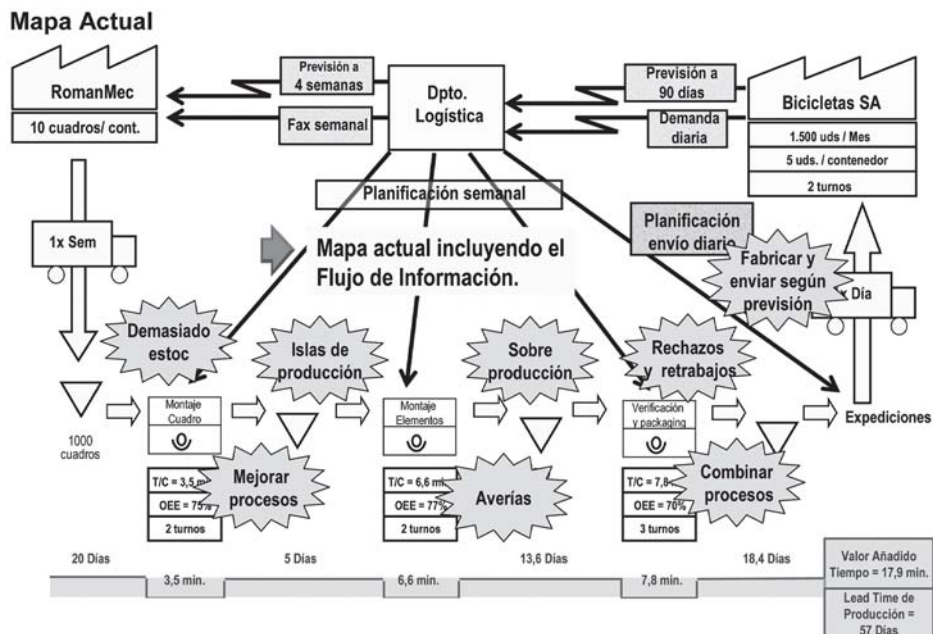
de productos acabados serán mínimos. Para identificar mejoras puede ser útil la formulación de preguntas tales como las siguientes:

- ¿Dónde puedo crear flujo en mi proceso productivo, evitando así tener paros entre operaciones?
- ¿Qué operaciones pueden ser integradas o reducidas?
- ¿Cuál es el *lead time* actual y por lo tanto el tiempo de reacción ante el cliente?
- ¿Dónde está localizado el stock y en qué cantidades?
- ¿Los niveles de stock están claramente marcados?
- ¿Los lotes de producción son constantes, es decir, fijos?
- ¿Qué transportes y/o movimientos son realmente necesarios?
- ¿Son necesarios los desplazamientos para acceder a las herramientas?
- ¿Las piezas, componentes o materiales son fáciles de coger?
- ¿Dónde están localizadas las piezas rechazadas y en qué cantidades?
- ¿Pueden los operarios parar la línea de producción, en caso de detectarse un problema?
- ¿Cuánto tiempo se necesita para hacer un cambio en la producción?
- ¿Las máquinas, las instalaciones y los equipos están sucios?
- ¿Se puede considerar que existe una falta de organización en la planta?
- ¿Existe un programa de producción en cada punto de trabajo?
- ¿Todos los productos están identificados mediante tarjetas?
- ¿Existe un flujo continuo de materiales?
- ¿Los operarios cometen errores en las operaciones?
- ¿Se aplican métodos de prevención de errores?
- ¿Se producen quejas o reclamaciones en etapas posteriores a un determinado proceso?
- ¿Los operarios conocen la máquina (ajustes, herramientas, etc.)?
- ¿Todo el mundo es capaz de explicar cuando las cosas son “normales”?
- ¿Existen elementos inútiles en la planta de producción?
- ¿Se producen averías constantes en las máquinas? ¿Se controlan o registran dichas averías?
- ¿Se puede decir que hay un lugar para cada cosa y cada cosa está en su lugar?
- ¿Cuál es el grado de polivalencia del personal?
- ¿Cómo son las relaciones con los proveedores?
- ¿Se aprovecha la capacidad de proponer mejoras por parte de los operarios?
- ¿Existe una estandarización de procesos?
- ¿Se dispone de indicaciones visuales de trabajo y son fáciles de entender?

Aquellas oportunidades de mejora más comunes que se suelen encontrar son, en su gran mayoría, despilfarros que dependen de la propia organización. Esto permitirá empezar a desarrollar el mapa de estado futuro, sin tener que depender de agentes externos, como clientes o proveedores. En una etapa posterior, una vez se haya mejorado la cadena de valor dentro de la organización, será el momento de extenderse fuera de ésta para seguir encontrando nuevas oportunidades de mejora y eliminar todo aquello que no aporte valor al producto. Después de un análisis, corresponderá a la dirección determinar dónde iniciar el desarrollo de las actividades *lean* y definir las herramientas que se van a utilizar, en función de los recursos, capacidades y habilidades disponibles. A continuación se presentan dichas herramientas.



Identificación oportunidades de mejora



■ MÓDULO I. HERRAMIENTAS LEAN: 5S

*Si no lo está haciendo,
probablemente debería hacerlo*

ANDRALL PEARSON

Mantener las instalaciones en estado de visita



Para saber si le interesa suficientemente el tema de las 5S haga la siguiente prueba. Entre en su casa y con una venda en los ojos intente lavarse las manos con jabón y luego secárselas en su cuarto de baño. Seguramente superará la prueba. A continuación intente prepararse un café, también seguramente encontrará los materiales y los utensilios que necesita. ¿En las fábricas el funcionamiento es parecido? Las 5S tienen por objetivo conseguir que esto sea posible.

TÉCNICA DE LAS 5S



OBJETIVOS

La implantación de las 5S tiene por objetivo evitar que se presenten los siguientes síntomas disfuncionales en la empresa:

- Aspecto sucio de la planta: máquinas, instalaciones, herramientas, etc.
- Desorden: pasillos ocupados, herramientas sueltas, cartones, etc.

- Elementos rotos: topes, indicadores, etc.
- Falta de instrucciones y señales comprensibles por todos.
- No usar elementos de seguridad: gafas, botas, auriculares, guantes, etc.
- Averías más frecuentes de lo normal.
- Desinterés de los empleados por su área de trabajo.
- Movimientos innecesarios de personas, utillajes y materiales.
- Falta de espacio en la zona de los almacenes.

Cuando en una empresa hay un sentimiento que permite identificarse con los síntomas apuntados, entonces la implantación de las 5S es muy recomendable y se justifica por las siguientes razones:

- Son indiscutibles las ventajas de tener cada cosa en su sitio, limpia y lista para su uso. Este principio debe ser un hábito de comportamiento, que ha de ser estandarizado.
- Se trata de un proyecto que plantea objetivos alcanzables para un grupo designado para llevarlo a cabo, lo cual posiblemente atraerá la voluntad de colaboración de otros.
- El periodo de ejecución se plantea a corto plazo (tres meses como máximo).
- Presenta resultados tangibles, cuantificables y visibles para todos, ya que se trata de algo que facilitará el desarrollo del trabajo y será aplicable con posterioridad.

TÉCNICA DE LAS 5S: ORIGEN



ORÍGENES

Desde el desarrollo del concepto original de las 5S hacia 1980, éste ha sido aplicado ampliamente en empresas industriales, más que en servicios, a pesar de que quizás son las áreas de servicios las que mayores posibilidades de mejora y beneficio pueden alcanzar con la práctica de las 5S. Las 5S comprometen tanto a la dirección como a los niveles operativos, en la búsqueda de mejores niveles de rendimiento.

Las ventajas de aplicar las 5S previamente a otra iniciativa de *lean manufacturing* son:

- La extraordinaria simplicidad de los conceptos que maneja.
- El gran componente visual y de alto impacto en corto tiempo para el personal, lo cual permite mejorar su participación en nuevas iniciativas de mejora.

- Facilita la comunicación con el resto de empleados, porque como es sabido, los materiales, componentes y equipos que no se usan se convierten en obstáculos que dificultan las relaciones personales.
- Evita reclamaciones de los clientes relativas a la calidad de los productos.
- La mejora de la calidad de vida en el área de trabajo y la seguridad. Boeing por ejemplo usó las 5S como herramienta para mejorar el proceso de seguridad de sus fábricas. Con ello, consiguió analizar cada actividad individual de trabajo, paso por paso, para eliminar rutinas que implicaran riesgos potenciales para la seguridad de las personas.

DESCRIPCIÓN Y DEFINICIONES GENERALES



DEFINICIÓN

La implantación de las 5S sigue un proceso establecido en cinco pasos, cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos. El esquema adjunto resume los principios básicos de las 5S en forma de cinco pasos o fases, que en japonés se componen con palabras cuya fonética empieza por “s”: *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* y *shitsuke*; que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar (cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa), limpiar e inspeccionar, estandarizar (fijar la norma de trabajo para respetarla) y disciplina (construir autodisciplina y forjar el hábito de comprometerse).

FASES DE IMPLANTACIÓN DE LAS 5S

Eliminar (Seiri)



MÉTODO PRÁCTICO

La primera de las 5S significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios para la tarea que se realiza. Por tanto, consiste en separar lo que se necesita de lo que no se necesita, y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos inútiles que originan despilfarros:

- Incremento de manipulaciones y transportes.
- Accidentes personales.
- Pérdida de tiempo en localizar cosas.
- Obsoletos, no conformes, etc.
- Coste del exceso de inventario.
- Falta de espacio.

**La pregunta clave es:
¿Es útil o inútil?**

En las dos fotos siguientes se pone de manifiesto el paso de una situación “antes” a una situación “después” en donde solo permanecen los elementos absolutamente necesarios.



Uno de los principales enemigos del *seiri* es el “esto puede ser útil más adelante”, que conduce a *coleccionar* elementos innecesarios que molestan y quitan espacio. La aplicación del *seiri* comporta:

- Separar aquello que es realmente útil de aquello que no lo es.
- Mantener lo que se necesita y eliminar lo que sobra.
- Separar los elementos necesarios según su uso y a la frecuencia de utilización.
- Aplicar estas normas tanto a materiales tangibles (herramientas, máquinas, piezas, etc.) como intangibles (información, ficheros, etc.).

Los beneficios del *seiri* se pueden ver reflejados en aspectos como:

- Liberación de espacio útil en plantas y oficinas.
- Reducción del tiempo necesario para acceder a los materiales, herramientas, utillajes, etc.
- Facilidad para el control visual.
- Aumento de la seguridad en el lugar de trabajo.

En la práctica se utiliza una técnica mediante tarjetas rojas, que consiste en adherir dichas tarjetas a todos los elementos que sean sospechosos de ser pres-

cindibles, bien porque haga mucho tiempo que no se utilicen o bien porque se han quedado obsoletos, y decidir si hay que considerarlos como un desecho. Si no se hace nada, las cosas simplemente se acumulan. Hay que dar un paso decisivo aportando todo lo que se necesite en un plazo razonable. A continuación se muestran ejemplos de tarjetas rojas y su utilización.

Eliminar todo lo inútil...

del puesto de trabajo y de su entorno

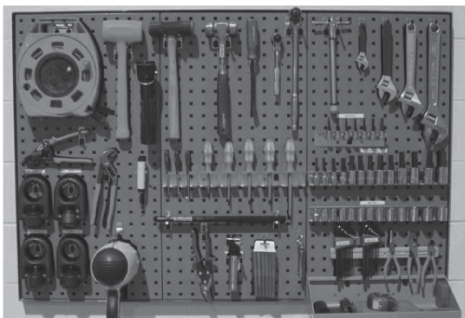


Nº de Referencia		
Nombre		
Acción	Eliminar	
	Ordenar	
	Limpiar	
	Estandarizar	
	Otras:	
Fecha	Colocación de la etiqueta	Realización acción
	___ / ___ / 20__	___ / ___ / 20__

La utilización de las tarjetas rojas debe seguir un criterio ordenado de actuación a partir de una lista de chequeo de los distintos elementos susceptibles de “evaluación”. A continuación se adjunta un ejemplo.

META	PUNTOS DE CHEQUEO
Ficheros, libros, planos, documentos, etc.	Libros y documentos cuyo periodo de almacenaje especificado haya expirado, conservando solo los archivos necesarios. Documentación guardada por duplicado.
Carteles o anuncios	Documentación caducada o no actualizada.
Mobiliario, estantes, archivadores, etc.	Muebles en desuso, rotos o con aspecto deteriorado, archivadores que no se utilizan.
Máquinas y accesorios	Máquinas técnica y económicamente obsoletas o de mal uso.
Stocks	Productos acabados, productos en curso, materiales en proceso, materiales de test.
Equipos, utillajes, herramientas, etc.	Elementos viejos, obsoletos, desgastados o defectuosos.
Otros artículos	Ítems relacionados con la gestión o diseño que son de necesidad cuestionable en programas, elementos que se han retirado del equipo, cosas que no se usan nunca, etc.

Ejemplos de aplicación



En el taller, las herramientas se colocan siempre en el mismo lugar, de manera que sean ubicadas visualmente. En la oficina todos los documentos han de estar identificados y fácilmente localizables. La información o los ficheros en el ordenador han de organizarse en forma de árbol usando carpetas. Los cajones de las mesas han de estar ordenados y limpios. En la empresa Valeo, por ejem-

plo, se sabe lo que hay en el interior de un cajón a partir de una foto plastificada pegada en el exterior del mismo.

Ordenar (*Seiton*)

Organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se puedan encontrar con facilidad. Para esto se ha de definir el lugar de ubicación de estos elementos necesarios e identificarlos para facilitar la búsqueda y el retorno a su posición. La actitud que más se opone a lo que representa *seiton*, es la de “ya lo ordenaré mañana”, que acostumbra a convertirse en “dejar cualquier cosa en cualquier sitio”. La implantación del *seiton* comporta:

- Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.
- Disponer de un lugar adecuado.
- Evitar duplicidades (cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa).

Los beneficios del *seiton* se pueden ver reflejados en aspectos como:

- Una mayor facilidad para el acceso rápido a los elementos que se necesitan.
- Una mejora en la productividad global de la planta.
- Un aumento de la seguridad en el lugar de trabajo.
- Una mejora de la información para su accesibilidad y localización.



MÉTODO PRÁCTICO

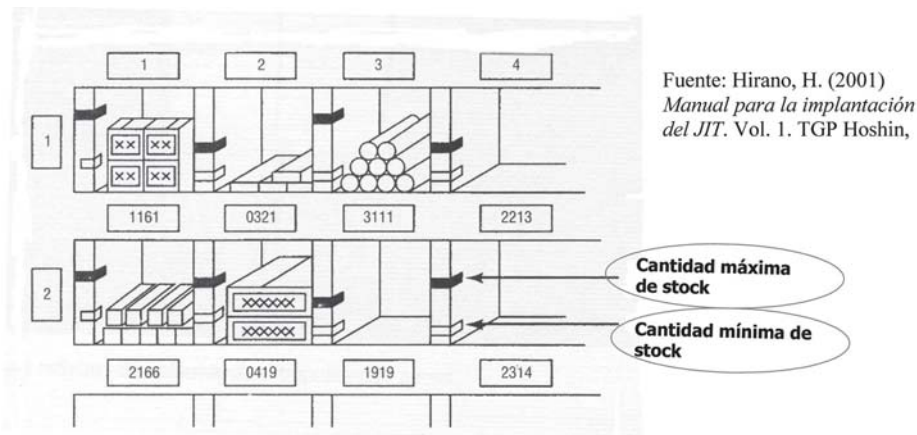
Para poner en práctica *seiton*, hay que asegurar que se disponga de lo necesario en el momento oportuno y en buenas condiciones, sin tener que hacer búsquedas. Para ello, hay que decidir dónde colocar las cosas y cómo ordenarlas en relación a la frecuencia de uso y con un criterio de seguridad, calidad y eficacia. Se trata de alcanzar el nivel de orden preciso para producir con calidad, eficiencia y dotar a los empleados de un ambiente laboral que favorezca la seguridad, la calidad y la correcta realización de su trabajo.

El orden consiste en desarrollar una disposición óptima de los elementos para que el flujo de cosas sea fácilmente visible, estudiar la eficiencia de los cambios de útiles, encontrar modos de estandarizar la disposición de los medios para facilitar una buena operatividad y un fácil mantenimiento. Las cosas en uso constante deben colocarse cerca y a mano, las utilizadas ocasionalmente deben mantenerse en áreas de almacenaje comunes, y las usadas solo raramente deben llevarse al almacén.



Algunas reglas de sentido común para ordenar las cosas:

1. Eliminar la suciedad, el polvo, el óxido, la electricidad estática y otras partículas extrañas, colocando los artículos en sobres, cajas de plástico o recubriéndolos con inhibidores de corrosión.
2. Decidir los niveles de existencias (máximo y mínimo). Los indicadores de cantidad limitan el número de estantes y espacios a utilizar para mantener stocks. Cuando no se pueden señalar cantidades exactas, al menos hay que indicar cantidades máximas y mínimas.



3. Ordenar los objetos de manera que las personas no tropiecen con ellos, delimitando zonas de paso, de almacenamiento, etc.
4. Organizar estantes y muebles en lugares específicos.

5. Ordenar las áreas de almacenaje para facilitar el transporte y para que los artículos se almacenen y utilicen preferentemente por el método FIFO (*first in first out*). Etiquetar y asignar números de localización a las áreas de almacenaje e indicar el punto de pedido (unidades disponibles en el momento de lanzar una orden de aprovisionamiento), el tamaño del lote y el plazo de entrega.
6. Ordenar las cosas según líneas rectas, en ángulos rectos, en vertical o en paralelo.
7. Marcar en rojo los contenedores y estantes de artículos defectuosos o de rechazo.
8. No colocar nunca cosas directamente sobre el suelo.
9. Escribir claramente las indicaciones de las localizaciones. Confeccionar, colocar o colgar placas o tableros de señales que indiquen de forma clara, los nombres de las cosas, los códigos de los estantes o muebles para definir el lugar en donde debe colocarse cada cosa.

Utilizar un diagrama o plano de direcciones que indique en lugar en donde están las cosas.

Utilizar una placa de señales para los estantes o una placa de señales para los lugares específicos de las cosas.



Limpieza e inspección (*Seiso*)

Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar el *fuguai* (palabra japonesa traducible por defecto) y eliminarlo. En otras palabras, *seiso* da una idea de anticipación para prevenir defectos. La aplicación del *seiso* comporta:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de las causas de la suciedad que en las de sus consecuencias.

Los beneficios del *seiso* se pueden ver reflejados en aspectos como:

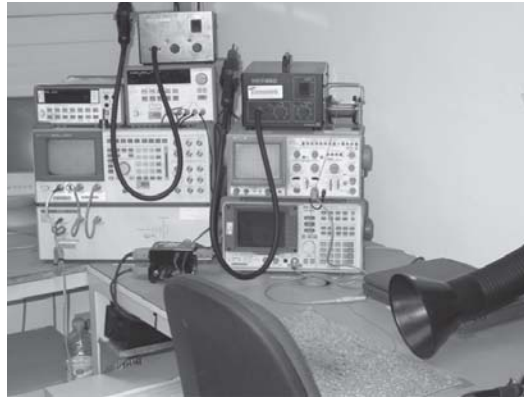
- Una reducción del riesgo potencial de accidentes.
- Un incremento de la vida útil de los equipos.
- Una reducción del número de averías.
- Un efecto multiplicador porque la limpieza tiende a la limpieza.



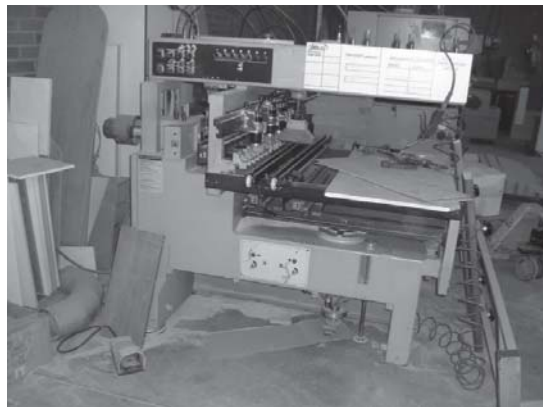
**Una planta de producción
debe de estar limpia...
no hay excusas posibles**



En esta planta se fabrican teléfonos móviles y el suelo está impecablemente limpio, nada parece estar fuera de su lugar.



En esta foto se observa la instalación de un aspirador para asegurar que no se genera polvo.



En esta foto se presenta una serradora de madera. Al no haber colocado una cubierta ni disponer de un aspirador de virutas, éstas se esparcen por el suelo. En este caso debe atacarse el deshecho en la fuente, para que sea más fácil mantener un taller en "estado limpio".

La limpieza es el primer tipo de inspección que se hace de los equipos, de ahí su gran importancia. A través de la limpieza, se aprecia si un motor pierde aceite, si una máquina produce rebabas, si existen fugas de cualquier tipo, si hay tornillos sin apretar, etc. En este punto se recuerda al lector una cita del profesor Ytsuda: “organizar, ordenar y limpiar no es pagar o pedir al personal que limpie, es un planteamiento sistemático de gestión”.

**Limpiar para inspeccionar,...
inspeccionar para detectar,...
detectar para corregir**

Estandarizar (*seiketsu*)

Seiketsu es la metodología que permite consolidar las metas alcanzadas aplicando las tres primeras “S”, porque sistematizar lo hecho en los tres pasos anteriores es básico para asegurar unos efectos perdurables. Estandarizar supone seguir un método para aplicar un procedimiento o una tarea de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales.

La estandarización fija los lugares donde deben estar las cosas y donde deben desarrollarse las actividades, y en especial la limpieza e inspecciones, tanto de elementos fijos (máquinas y equipamiento) como móviles (por ejemplo, lo que nos llega de los proveedores). Un estándar es la mejor manera, la más práctica y sencilla de hacer las cosas para todos, ya sea un documento, un papel, una fotografía o un dibujo.

El principal enemigo del *seiketsu* es la conducta errática. Aplicando la táctica del “hoy sí y mañana no”, lo más probable es que los días de incumplimiento se multipliquen de forma rápida. La aplicación del *seiketsu* comporta:

- Mantener los niveles conseguidos con las tres primeras “S”.
- Elaborar y cumplir estándares de limpieza y comprobar que estos se aplican correctamente.
- Transmitir a todo el personal la enorme importancia de aplicar los estándares.

Los beneficios del *seiketsu* se pueden ver reflejados en aspectos como:

- Un conocimiento más profundo de las instalaciones.
- La creación de hábitos de limpieza.
- El hecho de evitar errores en la limpieza, que en algunas ocasiones pueden provocar accidentes.
- Una mejora manifiesta en el tiempo de intervención sobre averías.

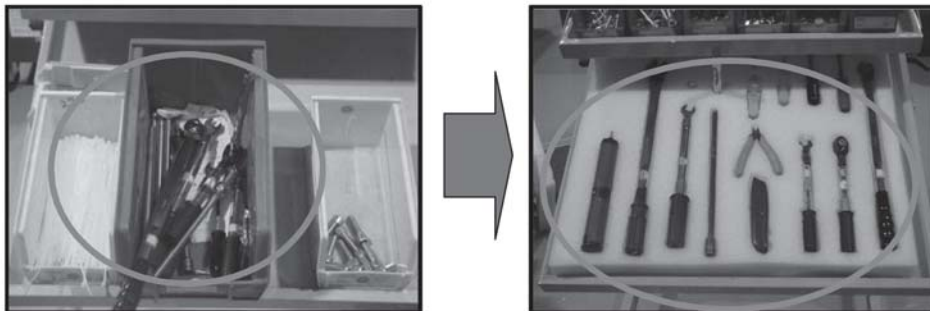
El programa de estandarización deberá incluir actividades de carácter preventivo, como por ejemplo evitar aquellos puntos de suciedad que obligan a una limpieza excesiva. La estandarización es importante por las siguientes razones:

- Representa la mejor forma, la más fácil y más segura de realizar un trabajo.
- Ofrece la mejor manera de preservar el *know-how* y la experiencia.
- Proporciona una manera de medir el desempeño y una base para el entrenamiento.
- Muestra la relación entre causa y efecto.
- Proporciona una base para el mantenimiento y la mejora.














- Facilita objetivos e indica metas.
- Crea una base para la auditoría y el diagnóstico.
- Representa un método para evitar errores recurrentes y minimizar la variabilidad.

**Definir un estándar 5S...
a partir del trabajo realizado**

En las imágenes siguientes se dispone de un ejemplo del “antes” y el después”, en primer lugar se han eliminado las herramientas o utensilios que no eran necesarios y los útiles se han dispuesto de manera que siempre se encontrarán en la misma posición. En segundo lugar se han dispuesto estanterías para que las cajas queden colocadas siempre en la misma ubicación. En una segunda fase debería pensarse en sustituir las cajas de cartón por contenedores de plástico reutilizables en cuyo interior se encontrarán los materiales dispuestos siempre de la misma manera.




Modelo de documento para implantar una estandarización


AREA: CELULA 3		MAQUINA: 38		STANDARD DE ORDEN Y LIMPIEZA				SG-009
ZONAS DE LIMPIEZA	ELEMENTOS DE LIMPIEZA A UTILIZAR	EQUIPOS DE PROTECCION	APPL.	TIEMPO	FRECUENCIA	DOC. REFERENCIA		
 <p>CABEZAL DE APLICACION TAMPON, CUCHILLO, CONTROL. CABEZAL: sin partículas, sin restos de material. Sin manchas de tinta en aluminio.</p>	 	 	OPERARIO	5 min	1 TURNO	SOP XXXX		
 <p>INTERIOR MAQUINA: recoger restos de corte de material.</p>		NA	OPERARIO	2,5 min	1 TURNO	NA		
 <p>ENTORNO: Sin restos de material o manchas en el suelo. Sin manchas de tinta o vertidos (de disolvente, aceite).</p>		NA	OPERARIO	2,5 min	1 TURNO	NA		
 <p>UTILIDADES PARA GUARDAR: limpiar de restos de pintura. Guardar en el lugar correspondiente.</p>		 	OPERARIO	5 min	1 TURNO	SOP XXXX		

Este documento representa un modelo para la estandarización en la implantación de las 5S. La información que contiene incluye: la acción a realizar, el elemento a utilizar, la frecuencia de uso, el tiempo de operación y la posible documentación asociada.

A continuación se adjunta otro ejemplo en donde se define el estándar de orden al final de un turno de trabajo.

ESTÁNDAR 5S Orden al final del turno		BIPLESA		Revisión : 1
OBJETIVO	CONTROL	NORMAL	ANORMAL => QUIÉN HACE QUÉ	
5S	Estándar Visual	Situación igual a la foto	Situación diferente a foto	La persona que la utilice debe regresar al estándar inmediatamente





Orden encima de escritorios
Caja fuera de lugar

Observaciones: Nada encima de escritorio al final del turno	
Ubicación de la ficha : Panel 5S	Poner aquí el responsable de zona: Todos Fecha:

Disciplina (*shitsuke*)

Shitsuke se puede traducir por disciplina o normalización, y tiene por objetivo convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Uno de los elementos básicos ligados a *shitsuke* es el desarrollo de una cultura de autocontrol, el hecho de que los miembros de la organización apliquen la autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S, siendo ésta la fase más fácil y más difícil a la vez:

- La más fácil porque consiste en aplicar regularmente las normas establecidas y mantener el estado de las cosas.
- La más difícil porque su aplicación depende del grado de asunción del espíritu de las 5S a lo largo del proyecto de implantación.

La idea de *shitsuke* es fácil de confundir con conceptos como moralidad, ética, diligencia, pero la palabra *shitsuke* en japonés originariamente se refiere a las costuras sobre las telas, y justamente como que estas costuras deben estar correctamente alineadas, así todas las formas de conducta humana deben estar de acuerdo con un conjunto de reglas básicas. La conducta correcta crece con la práctica y requiere cambiar los hábitos, de manera que en el lugar de trabajo todos los operarios estén profundamente formados en los conceptos de resolución de problemas, estándares de trabajo y puedan ejecutar las tareas asignadas uniformemente y sin errores. Por todo ello, la aplicación del *shitsuke* comporta:

- Respetar las normas y estándares reguladores del funcionamiento de una organización.
- Reflexionar sobre el grado de aplicación y cumplimiento de las normas.
- Mantener la disciplina y la autodisciplina, mejorando el respeto del propio ser y de los demás.
- Realizar auditorias que deben ser conocidas por todos los miembros del equipo para facilitar la autoevaluación.

Los beneficios del *shitsuke* se pueden ver reflejados en aspectos como:

- Una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos.
- Una mejora del ambiente de trabajo, que contribuirá al incremento de la moral.

La creación de un medio de trabajo en el que las personas sean capaces de aplicarse a lo que ellos mismos u otros han decidido es indispensable para que

una planta sea excelente. Cuanto más elevado sea el nivel de la gestión de la fábrica, más esfuerzo se hará para crear esta clase de atmósfera, y más importante será la disciplina.

**Cumplir las normas y progresar,...
buscando la mejora continua.
Vivir y hacer vivir el espíritu 5S.**

A través de la práctica de las 5S se intentan crear áreas de trabajo disciplinadas cambiando las actitudes y conductas de todos, tal es el caso por ejemplo de devolver las herramientas a su sitio después de utilizarlas. La característica más significativa de estas actividades es que las personas hacen un esfuerzo voluntario para cumplir los estándares que ellos mismos han fijado. Si un área de trabajo no puede cumplir las 5S de acuerdo con las reglas, no hay modo de que pueda trabajar de acuerdo con los estándares. Esta es la razón por la que es importante inculcar paciente y continuamente la práctica de estas actividades. Son inconmensurables las diferencias de resultados entre las fábricas que practican las 5S a medio gas y las que las practican concienzudamente.

Disponer de la infraestructura que facilite el mantenimiento de los estándares, motivación para hacerlo, tiempo para acostumbrarse y el reconocimiento adecuado a la labor bien hecha, serán sin duda aspectos determinantes para que acabe implantándose la disciplina requerida. En definitiva, todo debe estar en condiciones óptimas: limpieza, seguridad, fiabilidad, etc. Una vez más, hay que insistir en que deben definirse instrucciones de trabajo y asignar medios y recursos: disponer de contenedores normalizados y estanterías, señalar las áreas para el material, establecer controles visuales para evitar el exceso de stocks, etc.

El cumplimiento de la disciplina exige la realización de auditorías porque éstas constituyen una herramienta de ayuda que debe ser utilizada y mejorada permanentemente por el propio equipo (semanal o mensualmente), y solo periódicamente debe ser usada por un auditor externo para garantizar la objetividad de la misma.

¿Por dónde empezar a trabajar con 5S?

Para empezar con la implantación de las 5S, habrá que escoger un área piloto y concentrarse en ella porque servirá como aprendizaje y punto de partida para el despliegue al resto de la organización. Esta área piloto:

- Será muy bien conocida.
- Representará *a priori* una probabilidad alta de éxito.

- Permitirá obtener resultados significativos y rápidos.

Dado que para una determinada zona puede presentarse un cierto grado de conflicto entre los tres puntos citados, hay que estar preparado para alcanzar un cierto grado de equilibrio. Es muy importante seleccionar un equipo con una gran motivación, de manera que se pueda sacar al máximo provecho del trabajo realizado y obtener mayores resultados en la im-



plantación de las 5S.

De esta forma es más fácil el despliegue de las 5S a otras áreas o departamentos.

Cabe citar, que el orden, la limpieza, el mantenimiento y la señalización de los lugares de trabajo, deben cumplir con lo dispuesto en el: Real Decreto 485/1997 de 14 de abril. Las recomendaciones en este sentido son:

1. La mala distribución en planta de maquinaria y equipos, junto con movimientos innecesarios de los trabajadores son, en muchas ocasiones, causa de accidentes. Una forma de mejorar las condiciones de seguridad y de salud de los trabajadores consiste en la adecuada distribución de las máquinas y equipos en la planta.
2. Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos de forma que sea posible utilizarlas sin dificultades en todo momento. Los lugares de trabajo se limpiarán periódicamente y siempre que sea necesario, para mantenerlos en todo momento en condiciones higiénicas adecuadas.
3. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas o tóxicas, y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo. Para ello se dispondrán de contenedores adecuados.

MÁS ALLÁ DE LAS 5S

Cabe señalar que algunas organizaciones que hace tiempo que aplican el método de las 5S han llegado a definir cuatro "S" más que complementan y

suponen un avance dentro de la cultura creada a partir de las 5S tradicionales. Esto nos indica que las 5S son algo vivo, un proyecto de mejora constante que permite ir tan lejos como permita la imaginación, la capacidad de trabajo. Las nuevas “S” son:

- *Shikari* (constancia). Se entiende como la capacidad de la persona de continuar de manera firme en una línea de acción, la voluntad de conseguir una meta.
- *Shitsukoku* (compromiso). Consiste en cumplir aquello que se ha pactado, implica una visión ética de la aplicación de las 5S.
- *Seishoo* (coordinación). Se relaciona con la capacidad de realizar un trabajo siguiendo una metodología concreta y teniendo en cuenta al resto de personas que integran el equipo de trabajo, con el fin de aunar esfuerzos para alcanzar un objetivo común.
- *Seido* (sincronización). Quiere decir establecer un plan de trabajo mediante normas claras y específicas que indiquen a cada miembro del equipo qué se espera de él y qué tiene que hacer.



CONCEPTO CLAVE

En cualquier caso, las 5S son un puente que conduce a otras mejoras, ya que a partir de las 5S hay que seguir adelante con los cero defectos, la reducción de costes y otras actividades de mejora. Esto quiere decir, por ejemplo, que una vez está la fábrica limpia y ordenada, la simple colocación de ruedas giratorias en las máquinas para que puedan moverse fácilmente representa una oportunidad de mejora. Otros pasos pueden ser la eliminación de los defectos tan cerca de la fuente como sea posible y, evidentemente, la implantación del sistema *pull* de producción.

**Hay que prestar más atención a la mejora de
sistemas y procesos en vez de exhortar a
la gente a que lo haga mejor.**

SÍNTESIS CONCEPTUAL



RESUMEN

La metodología de las 5S sigue un proceso establecido en cinco pasos, cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos. Estos cinco pasos o fases son:

eliminar lo innecesario, ordenar (cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa), limpiar e inspeccionar, estandarizar (fijar la norma de trabajo para respetarla) y disciplina (construir autodisciplina y forjar el hábito de comprometerse). La implantación de 5S debe realizarse de entrada en un área piloto reducida donde se puedan obtener resultados significativos de forma rápida.

Algunos de los beneficios inmediatos derivados de la implantación de las 5S son:

- Facilidad para el control visual.
- Aumento de la seguridad en el área de trabajo.
- Mejora de la productividad de la planta: reduce los costes, incrementa la calidad y se dispone de mayor capacidad.
- Incremento de la vida útil de los equipos, lo que facilita la reducción del número de averías y el mantenimiento.
- Un conocimiento más profundo de las instalaciones mediante un control visual ya que *cualquiera* puede reconocer diversos tipos de despilfarros y anomalías tanto en los almacenes como en las operaciones de producción.
- Una mejora del ambiente de trabajo a partir de un mayor compromiso de todos.
- Un puente hacia otras mejoras.

■ MÓDULO II. HERRAMIENTAS LEAN: HEIJUNKA

*El pensamiento lean va contra la propia intuición
y es difícil de asumir a la primera
(aunque luego, cuando se hace la luz, es totalmente evidente).*

JAMES P. WOMACK Y DANIEL T. JONES

***Heijunka*: el ritmo de la producción**



Heijunka, o producción nivelada, es una técnica que adapta la producción a la demanda fluctuante del cliente, conectando toda la cadena de valor desde los proveedores hasta los clientes. La palabra japonesa *heijunka* significa literalmente “trabajo llano y nivelado”. Se debe satisfacer la demanda con las entregas requeridas por el cliente, pero esta demanda es fluctuante, mientras las fábricas necesitan y prefieren que ésta sea “nivelada” o estable. La idea es producir en lotes pequeños de muchos modelos, libres de cualquier defecto, en periodos cortos de tiempo con cambios rápidos, en lugar de ejecutar lotes grandes de un modelo después de otro.

OBJETIVOS DE LAS TÉCNICAS HEIJUNKA



OBJETIVOS

Los objetivos que persiguen las técnicas *Heijunka* o también denominadas "de la producción nivelada" en un entorno de *lean manufacturing*, son fundamentalmente los siguientes:

- Mejorar la respuesta frente al cliente. Con una producción nivelada, el cliente recibe el producto a medida que lo demanda, a diferencia de tener que esperar a que se produzca un lote.
- Estabilizar la plantilla de la empresa, al conseguir una producción nivelada.
- Reducir el stock de materia prima y materia prima auxiliar, porque con la producción nivelada se produce en pequeños lotes y se facilitan los envíos frecuentes por parte de los proveedores.
- Reducir el stock de producto acabado, porque con la producción nivelada existe un tiempo de espera menor entre la producción y la demanda de un producto.
- Incrementar la flexibilidad de la planta. Una producción nivelada se adapta mejor a pequeñas variaciones que pueda experimentar la demanda

TÉCNICAS HEIJUNKA: ORIGEN



ORÍGENES

Intuitivamente parece que la realización de tareas por lotes es mejor, pero un nuevo planteamiento del trabajo podría permitir un flujo continuo y una operativa más eficiente. Taiichi Ohno decía que la forma de pensar en lotes, había nacido cuando el hombre primitivo, cazador por naturaleza (hacía una sola cosa en cada momento), se obsesionó por trabajar por lotes (cosecha anual) y los stocks (almacenes de grano). ¡Quizás hemos nacido ya con la forma de pensar en lotes!

Por otro lado, en la universidad los estudiantes se pueden clasificar en dos tipos. El primer tipo corresponde a aquellos que estudian en las fechas inmediatamente anteriores a los exámenes en una especie de maratón, el segundo tipo está formado por los que dedican dos o tres horas diarias de forma constante, siguiendo una evaluación continuada. Si la pregunta es: ¿cuál es la mejor estrategia?, la respuesta es depende, porque el estudiante puede elegir

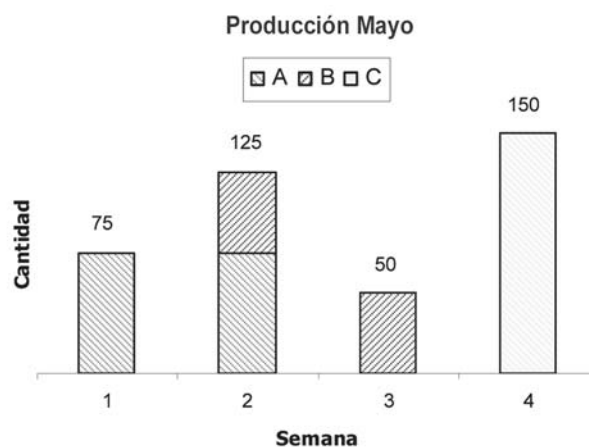
la estrategia que mejor se adapte a sus condiciones o circunstancias. En cambio, en un entorno *lean* se apuesta siempre por el flujo continuo, uniforme o constante.

La producción nivelada parte de la demanda mensual de un producto, con ella es posible determinar las unidades a producir diariamente y los tiempos de cambio. Un sistema de producción nivelado balancea diariamente la producción de todos los productos para conseguir el apreciado flujo continuo. En cambio, el sistema de producción tradicional por lotes produce un determinado producto A, hasta alcanzar su demanda requerida. Luego realiza los cambios de utillajes pertinentes en la línea de producción y empieza a fabricar el producto B hasta que, de nuevo, alcanza la cifra de la demanda mensual. Esta forma de proceder se basa en las conocidas economías de escala que se mostraron ineficientes en la crisis del “fordismo” y en los sistemas de producción en masa en general.

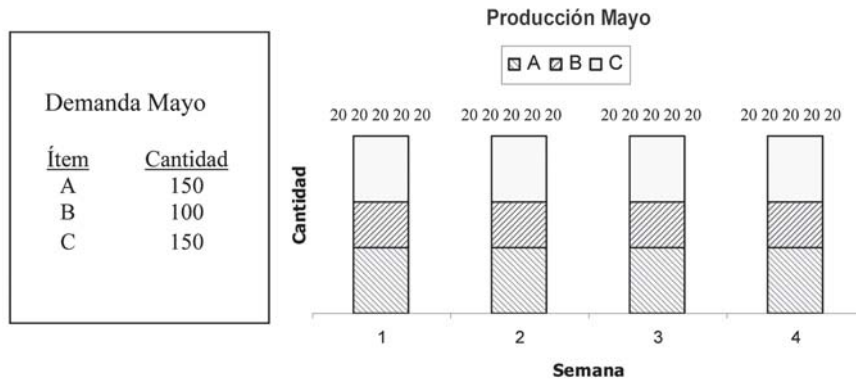
A continuación se muestra el sistema de producción tradicional por lotes y el sistema de producción nivelado. En primer lugar, se observa que primero se produce A después B, y en la cuarta semana toda la producción se dedica a la producción de las 150 unidades de C. En este caso se trata de una producción tradicional por lotes. En segundo lugar la producción se realiza a una tasa constante o uniforme de 20 unidades.

Sistema de Producción Tradicional por Lotes

Demanda Mayo	
Ítem	Cantidad
A	150
B	100
C	150

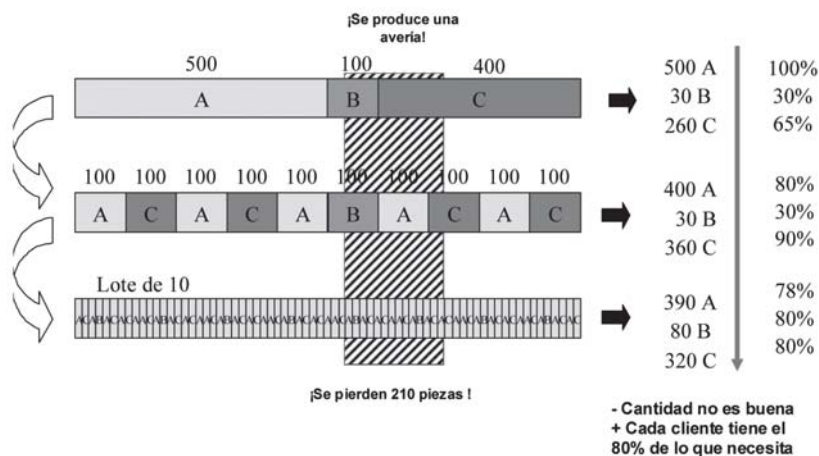


Sistema de Producción Nivelado de *Lean Manufacturing*



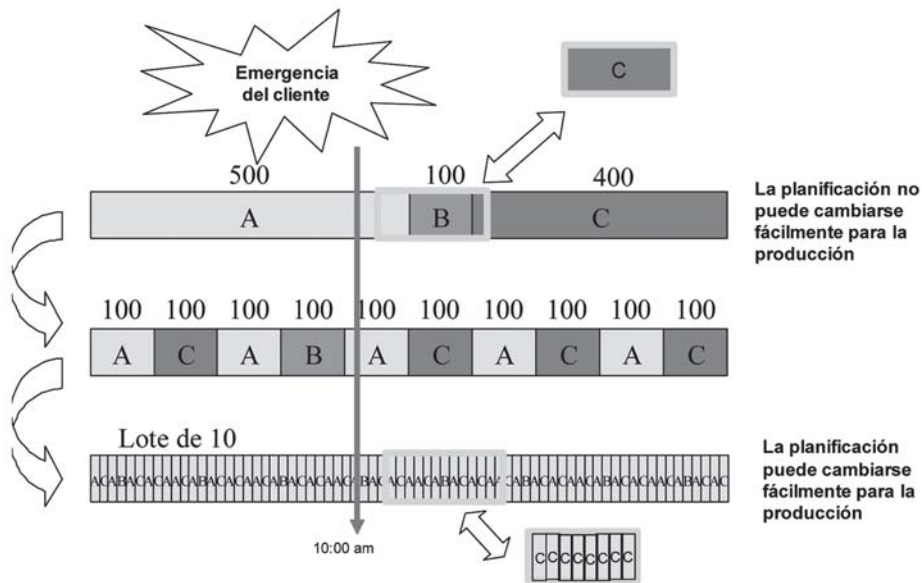
En el caso de que se produzca un problema en la línea de producción, por ejemplo por una avería, trabajando con una programación por lotes, casi seguro habrá algún modelo del cual no se podrá fabricar o se tendrá en cantidades pequeñas. Esto implica una falta de suministro a los clientes. En cambio, si los lotes son más pequeños (con cambios frecuentes de modelo), se puede asegurar una mayor cantidad de producto para cada modelo, ya que se aumenta el porcentaje de fabricación para cada uno de los clientes.

En el ejemplo siguiente se observan también las diferencias entre producir por lotes grandes y lotes más pequeños. En el primer caso, se producen 500 unidades del producto A, 100 del producto B y 400 del producto C. En un momento determinado del día, una avería en una máquina detiene la producción. El producto A se ha acabado en su totalidad, pero del producto B solo se han realizado 30 piezas y del C 260 piezas.



Esto quiere decir que a un cliente se le ha suministrado el 100% mientras que a otro solo se le ha servido el 30% del pedido. De esta manera, se tiene un cliente satisfecho, uno a medias y otro absolutamente insatisfecho. En cambio, si se trabaja con lotes más pequeños, cambios más frecuentes de producto, se obtiene el tercer caso, donde trabajando en lotes de 10 unidades se consigue servir alrededor del 80% de los pedidos, que representa un valor aceptable y que permite tener a los clientes satisfechos.

Ahora se supone un caso diferente derivado de una emergencia por parte de un cliente, de manera que éste solicita un cambio de modelo repentinamente. Si se trabaja con lotes de fabricación grandes resultará más complicado el cambiar de un modelo a otro, ya que primero debe acabarse el lote que se ha planificado y preparado. Si en cambio se trabaja con lotes pequeños, se dispone de mayor flexibilidad para efectuar un cambio de modelo.



HEIJUNKA: DESCRIPCIÓN Y DEFINICIONES



DEFINICIÓN

Se entiende por *heijunka* la metodología que sirve para planificar y nivelar la demanda de clientes en volumen y variedad durante un día o turno de trabajo. Si hay nula o poca variación en cuanto a tipos de producto, quizá no sea necesaria esta sofisticación. Conforme se progresa hacia la producción en pequeños lotes, o

hacia un flujo continuo pieza a pieza puro, las puntas y los valles tienen mayor incidencia en la demanda: los pedidos de gran volumen son difíciles de gestionar.



El concepto *heijunka* puede ser la clave para la implantación de un verdadero sistema *pull* en una fábrica (si la gama de productos es compatible con este sistema). El método *heijunka* tira acompasadamente de la producción, desglosando la producción en unidades en función del volumen o la variedad de los artículos a fabricar. La gestión práctica del *heijunka* requiere una buena comprensión de la demanda de clientes y los efectos de esta demanda en los procesos, y exige una estricta atención a los principios de estandarización y estabilización.

Al abordar el equilibrio de la capacidad de producción, con la demanda y el suavizado del pulso del sistema de producción, Christian Hohmann recuerda que Ohno afirmó que la fábula de la liebre y la tortuga ilustra el principio del nivelado de la producción según el cual la carga de trabajo se hace uniforme (como el esfuerzo constante de la tortuga), en relación a las variaciones importantes (como las puntas de velocidad de la liebre), alternando fases de profunda intensidad con otras ralentizadas.

Los pedidos de los clientes son relativamente constantes si se consideran en promedio dentro de un periodo suficientemente grande de tiempo, pero son impredecibles si se analizan con un rango de tiempo pequeño y fuera de un programa pactado. En el primer caso, las variaciones de la producción se deben al propio proceso (planificación, tamaño de los lotes, incidentes, oportunidades de negocio, etc.). En el segundo caso es la aplicación extrema del *one piece flow* o del tamaño unitario del lote, que lleva a las empresas a intentar el ajuste instantáneo de la demanda, soportando todas las variaciones de los pedidos.

A través de una producción continua (suavizada y en pequeños lotes), se persigue un trabajo eficiente (para producir con el mínimo nivel de despilfarro posible). Un flujo continuo significa producir un artículo de una vez, es decir, que el producto pase de un proceso a otro sin inmovilizarse como inventario. Esto supone: un flujo constante, un ritmo determinado y un trabajo estandarizado.

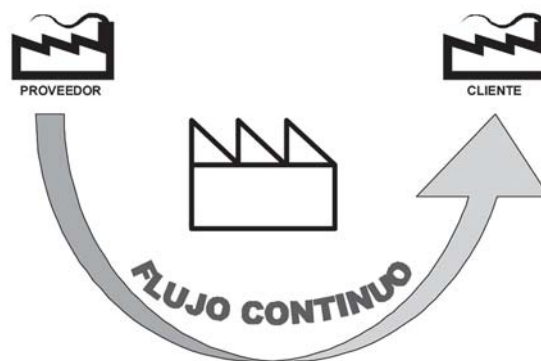
El suavizado en pequeños lotes se basa en el análisis de los pedidos en una unidad de tiempo (un mes por ejemplo), con el fin de determinar una unidad de tiempo más fina, por ejemplo, diaria. Esta unidad de tiempo debe repetirse hasta satisfacer el conjunto de toda la demanda. Para reducir el *time to market* y ganar flexibilidad, hace falta fraccionar los lotes (hacerlos pequeños). Se trata de encontrar un compromiso entre el tamaño mínimo de los lotes, el coste y los esfuerzos de cambio de serie y los beneficios de las economías de escala aportados por las series largas, trabajando con un ritmo, una constancia y de forma estandarizada.

Flujo continuo (suavizado y en lotes pequeños)



CONCEPTO CLAVE

El concepto de "flujo continuo" se resume mediante una frase simple: "mover uno, producir uno" (o "mover un pequeño lote, fabricar un pequeño lote"). Es fundamental el papel del flujo continuo dentro de la filosofía *lean*, en la que hay que asegurar que una operación "aguas arriba" nunca hace más de lo que requiere una operación "aguas abajo", de manera que un flujo de valor nunca produce más de lo que solicita un cliente. También podemos definirlo como trabajar de modo que el producto fluya de forma continua a través de nuestras corrientes de valor, desde el proveedor al cliente, con el menor plazo de producción posible y con una producción de despilfarro (*muda*) mínima.

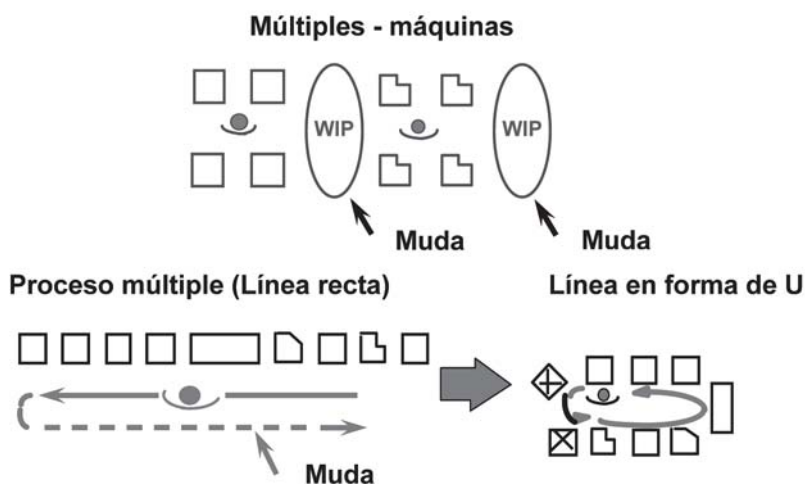


En el contexto de un *pull system*, la producción es más rápida que la producción de "empujar" o de lotes clásica y además elimina la necesidad de la programación de la producción tradicional.

Siempre que las piezas no se mueven, se estancan. El primer paso para lograr un flujo continuo es verlo. Para ello hay que ver dónde NO está, hay que aprender a ver el *estancamiento*. El segundo paso consiste en encontrar la causa, para poder eliminarlo o reducirlo. En general se considera que las causas de un posible estancamiento son:

- Gran tamaño de lote.
- Flujo complicado.
- La falsa creencia de que el “ritmo de producción es igual al ritmo de las ventas”.
- Método pobre de transporte o logística.

Cuando un proceso no presenta un flujo continuo, los puestos de trabajo permanecen aislados, aumenta stock intermedio (WIP) y se incrementa el tiempo de fabricación.



ORGANIZACIÓN TRADICIONAL	ORGANIZACIÓN DE FLUJO CONTINUO
Áreas de trabajo separadas.	Puestos de trabajo conjuntos.
Altos niveles de producto intermedio en curso.	Cada operario trabaja sobre una unidad (<i>one piece flow</i>).
Grandes lotes a la espera del siguiente proceso.	

Condiciones de flujo continuo:

- Distribución en planta adecuada para flujo continuo.
- Producción “*one piece flow*”.
- Proceso sincronizado según *takt time* (concepto que se definirá posteriormente).
- Los operarios trabajan en una línea multiproceso. Se agilizan los cambios de modelo.

Un proceso de flujo continuo produce o traslada productos conforme a tres principios básicos:

- Lo que se necesita.
- Justo cuando se necesita (ni antes ni después).
- En la cantidad exacta.

El flujo continuo y de lotes pequeños, también denominado “programación gominola” (*jelly bean scheduling*), debido al número y variedad de lotes, presenta las siguientes ventajas:

- Plazos de ejecución más cortos.
- Reducción del tiempo de cambio de modelo (menos producto en línea para mover o acabar).
- Drástica reducción de los stocks, en general y reducción del inventario entre puestos de línea (WIP), en particular.
- Mejora de la calidad, habilidad para identificar problemas y resolverlos inmediatamente.
- Hace obsoleta la programación o planificación de la producción tradicional.
- Mayor flexibilidad (entendida como la capacidad de adaptarse a los cambios).
- Puesto de trabajo más ordenado y limpio (5S).

Lo idóneo sería tener el flujo continuo a lo largo de toda la línea, pero conectar las operaciones incluye los posibles problemas inherentes a cada operación: con los plazos de ejecución y con paradas del equipo o tiempos muertos a causa de desequilibrios entre estaciones. En estas condiciones la pregunta a formular es: ¿Cómo se crea un flujo continuo? El flujo continuo supone configurar todo el proceso para que dicho flujo se interrumpa lo menos posible, de modo que se

pueda trabajar a un ritmo fluido, y para hacerlo posible se necesitan contemplar tres niveles distintos:

1. *Flujo de información.* Con un flujo de información normalizado se dispone de la información necesaria para tomar decisiones, mediante el uso de las herramientas siguientes:

- La nivelación, para distribuir la producción de la forma más fluida.
- Las tarjetas *kanban* para indicar la necesidad de material, dichas tarjetas se estudiarán en un apartado posterior.
- El seguimiento diario de procesos para ver las desviaciones y resolver problemas cuanto antes.

2. *Flujo de materiales.* Al reducir el despilfarro o *muda* paso a paso, se crea un flujo de materiales con el menor plazo de producción posible, mediante el uso de las herramientas siguientes:

- Un flujo *pull* entre todos los procesos, para reducir el trabajo en proceso.
- Un equipo necesario para el flujo de proceso.
- Una organización multiproceso.
- Unas entregas frecuentes.

3. *Flujo de operarios (trabajo normalizado).* Al formar a los operarios y asignarles las herramientas adecuadas, se crean estaciones de trabajo que ofrecen gran flexibilidad y eficacia. Para ello es necesario:

- Sincronizar el proceso según el *takt time*.
- Crear celdas o líneas flexibles.
- Formar a los operarios para trabajar en líneas multiproceso (polivalencia del personal).



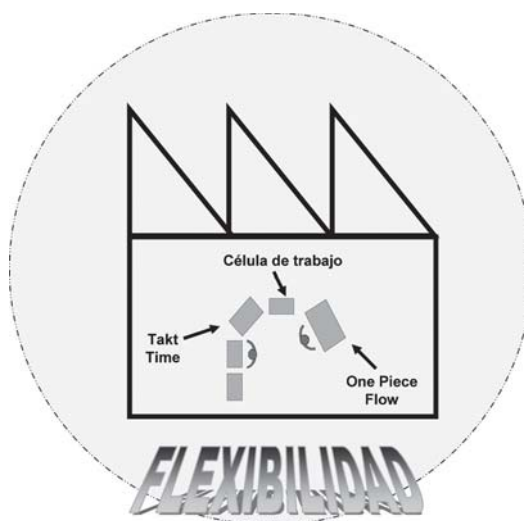
- Formar a los operarios para realizar cambios de línea.
- Normalizar el trabajo de un proceso para un distinto número de operarios en función de la demanda del mercado.

La flexibilidad facilita el flujo continuo y permite que la producción cumpla las distintas demandas de los clientes, sin dejar de tener un buen rendimiento. Un proceso es flexible cuando se puede ajustar a la capacidad necesaria en cada momento, satisfaciendo la demanda con una producción eficaz. Para que un proceso pueda ser flexible existen unos requerimientos tanto por las máquinas como por el número de operarios. La maquinaria complicada debería remplazarse por máquinas pequeñas y simples, con el fin de obtener los beneficios siguientes:

- Reducción de los microparos y la complejidad de las tareas de TPM (que se verá más adelante).
- Reducción del espacio necesario.
- Reducción de la inversión en activos inmovilizados.
- Mejora de la capacidad y la fiabilidad del proceso productivo.
- Mejora el valor añadido del trabajo.

En relación a la adaptación del número de operarios a la capacidad requerida, los beneficios son:

- Aumento del número de operarios si aumenta la demanda.
- Reducción del número de operarios si decrece la demanda.
- Mejora de las instrucciones de trabajo.
- Aumento del número de operarios multifuncionales (polivalencia del personal).
- Aumento de la transparencia del *takt time* y el estado de la línea en general.
- Aumento de la responsabilidad de los operarios al adecuarse al *takt time*.



A continuación se definen detalladamente los siguientes conceptos: *takt time*, tiempo de paro y pérdidas por falta de balanceo.

Takt time (TT, Tiempo de ritmo)



DEFINICIÓN

Takt es una palabra de origen alemán que significa ritmo. A partir de los datos sobre los pedidos de los clientes, se determina el *takt time* que se deduce de dicha demanda. De la misma manera, un metrónomo que marca el ritmo de la música, el *takt time*, indica el ritmo de la demanda de los clientes. Así pues, el *takt time* se define como el tiempo en que una pieza debe ser producida para satisfacer las necesidades del cliente, o en otras palabras, es la frecuencia en la cual un producto acabado abandona la línea de producción. Esto quiere decir que el *takt time* marca el ritmo de la línea de producción:

- La producción requerida determina el *takt time*.
- El sistema de operaciones debe construirse a partir del *takt time*.
- Cada operación se produce una vez y solo una, durante el *takt time*.

Producir según el *takt time* significa sincronizar el ritmo de la producción con el de las ventas, de manera que se tiene una idea de la velocidad a la cual se debería estar produciendo idealmente para evitar la sobreproducción. El *takt time* también afectará al resto del flujo:

- Número de operarios en la línea.
- Frecuencia de alimentación de la línea.
- Frecuencia de alimentación de la estantería dinámica.
- Número de componentes de proveedor consumidos.

$$TAKT = \frac{\text{tiempo de trabajo}}{\text{producción requerida}} = \frac{\text{tiempo del turno} - \text{tiempo no productivo}}{\text{producción} + \text{número de piezas scrap}}$$

En la expresión anterior, el “tiempo de trabajo” o tiempo disponible, se mide normalmente en minutos, para flujos de elevado volumen se calcula en segun-



dos. En el caso de una fábrica con una jornada laboral de ocho horas diarias (duración de un turno de trabajo), para calcular el tiempo de producción, se resta de las ocho horas los tiempos correspondientes a paradas programadas normales (tiempo de reuniones al inicio del turno, descansos o desayunos). Por su parte, la “producción requerida” se expresa en unidades diarias y responde a los pedidos de los clientes. Finalmente, cabe mencionar que las piezas *scrap* son las defectuosas que han de despreciarse. A continuación se plantea un ejemplo numérico.

Demanda del cliente:	3.400	unidades/mes
Día de trabajo (8 h x 60 min.):	480	minutos/día
Días laborables de un mes:	19	días
Pausas de descanso [1(30) min. + 2(10) min.]:	50	minutos/día
Disponibilidad de las máquinas:	85%	
Porcentaje actual del ratio de <i>scrap</i> :	3%	

$$TAKT = \frac{[480 \text{ min} - 50 \text{ min}] (0,85)}{\left[\frac{3.400}{19} \right] (1,03)} = \frac{365,5}{184,3} \approx 2 \text{ min / Ud.}$$

Esto significa que los procesos de esta fábrica deben estar preparados para producir una unidad cada dos minutos. Dado que el volumen de pedidos fluctúa, el *takt time* se ajusta para que exista una sincronización entre la producción y la demanda.

Si la experiencia indica que se producen problemas en el sistema, se puede decidir intentar trabajar con un *takt time* más rápido (por ejemplo un 10%). Sin embargo, no se puede dar por buena esta situación, de manera que deberán promoverse actividades de mejora para paliar los problemas del sistema, de manera que se evolucione hacia el verdadero *takt time* de dos minutos que representa la demanda real de los clientes. Los beneficios del *takt time* se reflejan en aspectos como:

- Un ritmo estable de producción nivelada.
- No hay exceso de producción.
- Un flujo de componentes estable y nivelado.
- Un número correcto de operarios en cada proceso.
- Una mayor capacidad para planificar otras actividades en la producción.

- Una minimización del número de transportes adicionales.
- Un control del stock de producto en curso (WIP).

Tiempo de paso

El estado ideal en cualquier sistema *pull* es eliminar todo despilfarro y crear un flujo pieza a pieza a través de todo el sistema de producción, desde las materias primas y auxiliares hasta la entrega del producto terminado. Sin embargo, los clientes no piden un solo artículo cada vez, sino más bien una cantidad más o menos estandarizada que debe ser entregada en un contenedor, preferiblemente de plástico. Cuando esto pasa, debe reconvertirse el *takt time* en una unidad llamada tiempo de paso.



DEFINICIÓN

El tiempo de paso es el tiempo que necesita una operación “aguas arriba” para producir y entregar una cantidad conjunta de trabajo en curso de producción a una operación “aguas abajo”. El tiempo de paso es, por tanto, el producto del *takt time* (definido por la demanda de los clientes) por la cantidad conjunta (definida por la empresa).

$$\text{Tiempo de paso} = [\text{Takt time}] * [\text{Cantidad a entregar conjuntamente}]$$

Por ejemplo, si el *takt time* es de dos minutos y se desea mover 10 piezas a la vez, se puede establecer un tiempo de paso de 20 minutos. El cálculo del tiempo de paso es un compromiso entre la producción en grandes lotes y la práctica del flujo pieza a pieza. Por ejemplo, si el *takt time* es de 0,3 segundos por pieza, es improbable que se logre un flujo pieza a pieza y deberá trabajarse en pequeños lotes. No se puede olvidar que la situación ideal es una producción pieza a pieza, cumpliendo el *takt time*. Hay que insistir, una vez más, en las ventajas de trabajar en lotes pequeños:

- Mejora el control de stocks a todos los niveles.
- Los problemas se hacen más visibles o se identifican más fácilmente. Aumenta la capacidad de reacción ante la aparición de un problema.
- Mejora la seguridad de los trabajadores porque manejan pequeñas cantidades.

La situación utópica es la visión de un estado en el que se han eliminado todos los despilfarros, se ha mejorado el rendimiento del flujo de valor hasta el punto en que se produce pieza a pieza cumpliendo el *takt time*.

Cálculo del número de operarios

Dado que el tiempo de ciclo es el tiempo total necesario para producir una pieza, es decir, es la suma de todos los tiempos de ciclo individuales de las operaciones de un proceso, conviene no confundir la medición del tiempo de ciclo con el *takt time*, que es la medición de la demanda de los clientes. A partir del tiempo de ciclo y del *takt time* se puede calcular teóricamente, el número de operarios o de estaciones de trabajo necesarios para satisfacer la demanda de los clientes.

$$\text{Número teórico de operarios necesario} = \frac{\text{Tiempo de ciclo}}{\text{Takt Time}}$$

Ejemplo: A continuación se presenta un proceso que consta de cinco operaciones ejecutadas por cinco operarios diferentes, cuya duración es la siguiente:

OPERACIÓN	TIEMPO EN SEG.	TIEMPO EN MIN.
A	72	1,2
B	48	0,8
C	90	1,5
D	72	1,2
E	36	0,6
TOTAL	318	5,3

El *takt time* (tiempo en el que debe ser producida una pieza), es de 2 minutos.

$$N^{\circ} \text{ Operarios} = \frac{\text{Tiempo Ciclo}}{\text{Takt Time}} = \frac{72 + 48 + 90 + 72 + 36}{120} = \frac{318}{120} = 2,65 \approx 3 \text{ operarios}$$

A partir del resultado obtenido se puede afirmar que para satisfacer la demanda requerida por el cliente se necesitan solo tres operarios. Por ello, convendría redistribuir las operaciones y recolocar dos de los cinco operarios de la línea de producción, lo que supondría un incremento de la productividad del 40%.



Pérdidas por falta de balanceo



DEFINICIÓN

Las pérdidas por balanceo son el resultado de tener mal equilibradas las operaciones de un sistema productivo, de manera que hay uno o varios procesos que consumen más tiempo que el resto, mientras los otros procesos disponen de un tiempo ocioso. A continuación se detalla matemáticamente el cálculo del potencial de mejora por la aplicación de un simple rebalanceo.

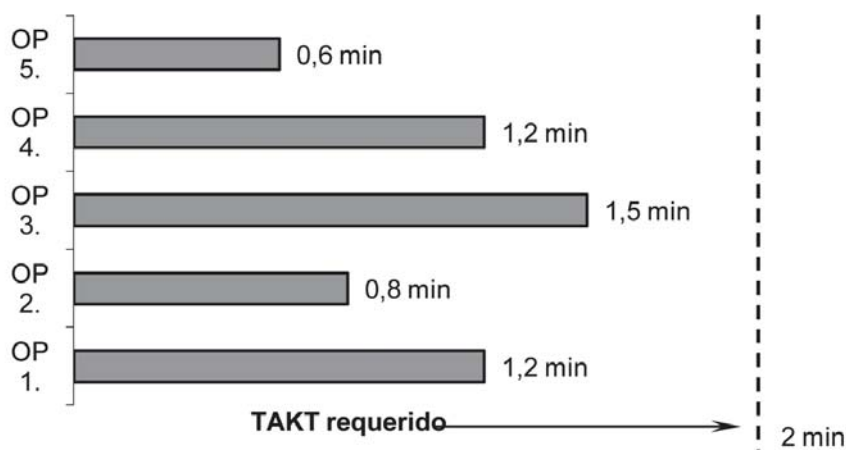
$$\text{Pérdidas balanceo} = \frac{[(TC \text{ más largo}) (N^{\circ} \text{ operarios})] - \text{Tiempo total para 1 pieza}}{TC \text{ más largo} \times N^{\circ} \text{ de operarios}}$$

Las pérdidas de balanceo del proceso productivo definido por estas cinco operaciones (A, B, C, D y E) consideradas en el ejemplo anterior son:

$$\text{Pérdidas por balanceo} = \frac{1,5 (5) - 5,3}{1,5 (5)} = \frac{2,2}{7,5} = 29,3\%$$

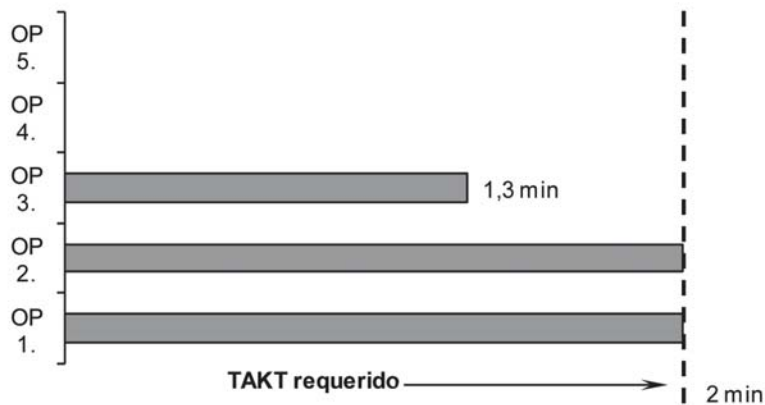
En este ejemplo recordemos que se tiene un *takt time* de dos minutos. Las pérdidas totales ponen de manifiesto el potencial de mejora al volver a balancear la línea. Los pasos a seguir se definen a continuación.

1. Cálculo de las pérdidas totales antes de balancear las operaciones respecto al *takt time*.



2. Cálculo de las pérdidas totales después de equilibrar las operaciones respecto al *takt time*:

$$\text{Pérdidas totales} = \frac{2 (3) - 5,3}{2 (3)} = \frac{0,7}{6} = 11,7\%$$



Por ejemplo, si se considera un proceso que fabrica cinco productos distintos de una familia en cantidades envasadas de 25, tal como muestra la tabla siguiente:

PRODUCTO	A	B	C	D	E
Requerimiento diario	300	200	200	50	50
Cantidad por conjunto	25	25	25	25	25
Número de <i>kanbans</i>	12	8	8	2	2

En cada caso, el número de *kanbans* se determina dividiendo los requerimientos diarios por la cantidad estándar de un contenedor. Dado que el requerimiento total diario es de 800 unidades y el tiempo de producción disponible en dos turnos es de 52.800 segundos, el *takt time* es de 66 segundos y el tiempo de paso 1.650 segundos (27,5 minutos),

<i>Takt time</i>	Tiempo de producción disponible/cantidad total diaria requerida. 52.800 segundos/800 unidades = 66 segundos
Tiempo de paso	<i>Takt time</i> * Cantidad estándar de un contenedor. 66 segundos por Ud. * 25 Uds. por contenedor = 1.650 segundos (27,5 minutos)

Esto quiere decir que, cada 27,5 minutos, deben terminarse 25 unidades para ser entregadas. Ahora la cuestión es: ¿25 unidades de qué producto? A lo largo de un día deben producirse 12 contenedores de A, 8 para cada uno de los tipos B y C, y 2 contenedores para cada tipo D y E. En otras palabras, la proporción entre A:B:C:D:E es 12:8:8:2:2. Reduciendo esta proporción a su expresión numérica más pequeña, en términos prácticos (dividiendo por 4), la proporción equivalente es: 3:2:2:0,5:0,5. En otras palabras, por cada tres contenedores del producto A fabricados, deben producirse dos contenedores para B, dos para C, 0,5 para D y 0,5 para E.



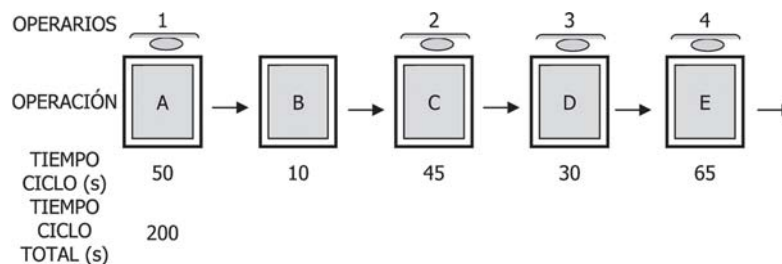
MÉTODO PRÁCTICO

No todas las operaciones necesitan el mismo tiempo, de manera que los operarios que desarrollan las operaciones más cortas no tienen nada que hacer mientras esperan la siguiente pieza. El equilibrado de una línea es un proceso mediante el cual se distribuyen niveladamente los elementos del trabajo dentro de un flujo de valor con el fin de satisfacer el *takt time*.

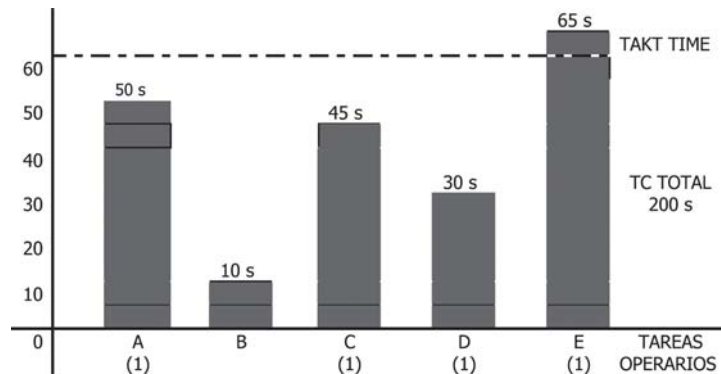
El equilibrado de la línea ayuda a optimizar el uso del tiempo de personas, equilibra las cargas de trabajo de modo que nadie hace demasiado o demasiado poco. Como la demanda de clientes puede fluctuar, a menudo es necesario volver a equilibrar la línea porque cambian los *takt time*. El equilibrado de una línea parte del análisis de la situación actual, mediante un gráfico de balance de operario, donde se representan los elementos de trabajo, los requerimientos de tiempo y los operarios de la estación de trabajo. Se utilizan para mostrar las oportunidades de mejora visualizando los tiempos de cada operación en relación al tiempo de *takt* y el tiempo de ciclo total.

Para construir un gráfico de balance de operario se sigue el método adjunto:

1. Determinar los tiempos de ciclo corrientes y las asignaciones de elementos del trabajo. Por ejemplo, consideremos el siguiente proceso, que tiene cinco operaciones, cuatro operarios, un *takt time* de 60 segundos y un tiempo de ciclo total de 200 segundos.



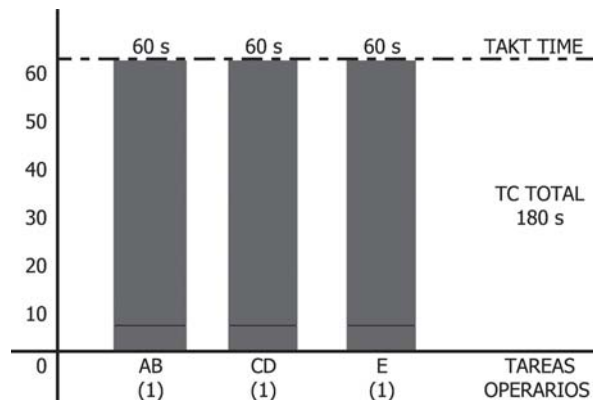
2. Puede prepararse un gráfico de barras que facilite la representación visual de la situación.



3. Determinar el número de operarios necesario dividiendo el tiempo de ciclo total del producto por el *takt time*.

$$\text{Operarios necesarios} = \frac{\text{Tiempo Ciclo Total}}{\text{Takt Time}} = \frac{200}{60} = 3,33$$

Una necesidad de 3,33 operarios significa que no hay suficiente trabajo para mantener ocupados cuatro operarios, pero hay más trabajo del que pueden realizar tres. Si se elimina el suficiente despilfarro del proceso quizás se pueda colocar el cuarto operario en otro proceso. Se establece en el pensamiento *lean* el convenio de considerar que un decimal de trabajador igual o inferior a 0,5 (en este caso, 0,33) es un buen indicador de que se trata de una meta realista. En el proceso mejorado, cada uno de los tres operarios restantes redistribuyen oportunamente sus tareas para que sea necesario para fabricar una pieza dentro del *takt time* (o un pequeño lote dentro del tiempo de paso calculado). Por tanto, el tiempo de ciclo total debe ser inferior o igual a 180 segundos.



Una solución podría ser combinar las operaciones A-B por un lado, y C y D por otro, simplificando las operaciones combinadas, de modo que una persona pueda realizar cada uno de los tres subprocesos (A-B, C-D y E) en 60 segundos o menos. El problema queda reducido a conseguir que los tres operarios completen el trabajo en 60 segundos.

Para que exista un flujo continuo, los operarios han de ser capaces de producir en *takt time* con tiempos de ciclo consistentes para los elementos de trabajo asignados. No es deseable de ninguna manera que un operario individual logre un tiempo de ciclo de 45 segundos, y otro trabaje con un tiempo de ciclo de 60 segundos para la misma operación. Deberá estandarizar el tiempo de ciclo de 50 segundos y revisar cuidadosamente el método de trabajo, de forma que cada uno haga el trabajo del mismo modo. Esto se logra mediante la estandarización de tareas.



DEFINICIÓN

El trabajo estandarizado hace referencia al conjunto de procedimientos que definen el mejor método posible de trabajar para que todos los operarios desarrollen de la misma manera los distintos procesos de fabricación y ensamble, lo cual facilita el éxito para la obtención de altos niveles de productividad, calidad y seguridad. Para conseguir un trabajo estandarizado se consideran las siguientes líneas de actuación:

- Trabajar con los operarios para determinar los métodos de trabajo más eficientes y llegar a un consenso, porque éstos no deben imponerse de forma autoritaria.
- Contemplar las mejoras propuestas por los operarios (ideas *kaizen*).
- Adherirse al *takt time* como unidad crítica de medición del trabajo estandarizado. No debe intentarse acomodar los cambios en el *takt time* haciendo cambios sustanciales en las cargas de trabajo individuales. Cuando el *takt time* se reduce, racionalizar el trabajo y añadir empleados si es necesario, cuando aumenta, asignar menos operarios al proceso.

Flujo de una sola pieza (*one piece flow*)

El flujo de una sola pieza es la manera más eficiente de gestionar los recursos humanos y materiales, como consecuencia de fabricar los productos uno a uno. Cuando se usa el flujo secuencial de piezas cada operación debe equilibrarse de acuerdo con el *takt time* calculado y se observa que:

- Se utiliza el flujo de una pieza para reducir el *wip* y el tiempo de ciclo.

- Se eliminan los lotes grandes de fabricación. El flujo de una pieza hace visibles problemas que de otro modo permanecerían ocultos.
- Agiliza los cambios de modelo (mejora del SMED).
- Sistema de trabajo FIFO (*first in first out*): lo primero que entra es lo primero que sale.
- Reducción de espacio (proximidad de los puestos de trabajo). Los operarios no están aislados.
- En el proceso integran controles de calidad, con el objetivo de eliminar los controles de calidad al final de la línea.
- Automatización inteligente, a bajo coste.
- Máquinas sencillas de manejar y también de mantener.
- Alimentación de componentes y materiales desde fuera y no en la misma dirección del operario.
- Estandarización de las operaciones.

Stocks *buffer* y de seguridad

La voluntad de ofrecer la plena satisfacción del cliente, obliga a disponer de stocks *buffer* en caso de que la demanda aumente de golpe y los procesos sean incapaces de trabajar con un *takt time* menor (es decir, con mayor productividad). Por otro lado, los stocks de seguridad protegen frente a la incertidumbre derivada de problemas internos (defectos de calidad, absentismo laboral, fiabilidad de las máquinas, etc.).

Disponiendo de stocks *buffer* y de seguridad, se satisface la demanda sin recurrir a las horas extras. Sin embargo, hay que tener presente que los stocks son compromisos temporales, ya que son un despilfarro, y a medida que la demanda de clientes se estabiliza y mejora la fiabilidad de sus procesos, se deben revisar de forma periódica estos stocks y minimizarlos o eliminarlos.

Stock <i>buffer</i>
Son artículos acabados para satisfacer la demanda de clientes cuando varía la pauta de pedidos o el <i>takt time</i> .
Stock de seguridad
Son artículos acabados disponibles para satisfacer la demanda de clientes cuando haya restricciones o ineficiencias que interrumpan el flujo del proceso.

CÉLULAS DE TRABAJO

Un obstáculo grave para conseguir un flujo continuo es una incorrecta distribución en planta y una velocidad variable en los procesos. En un sistema como el que se viene proponiendo, las piezas o componentes producidos progresan entre operaciones pieza a pieza *one piece flow* (o en pequeños lotes). Los equipos no deben agruparse en clases tales como prensas, rectificadoras, tornos, etc.

(organización por producto), sino de un modo que minimice el despilfarro del transporte interno y mantenga el flujo continuo, es decir, en células de trabajo (organización por proceso).

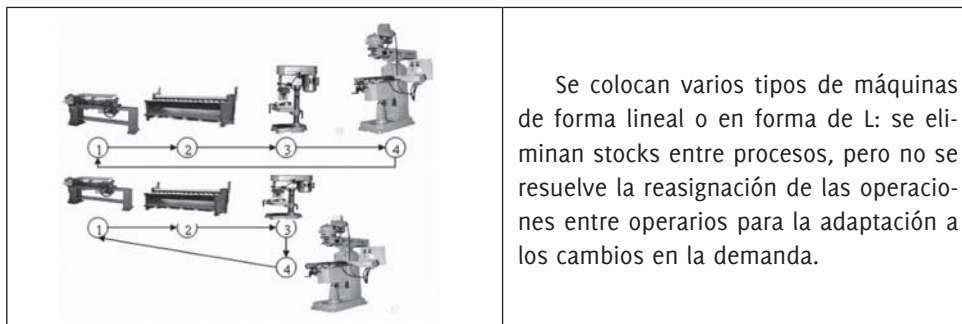


METODO PRÁCTICO

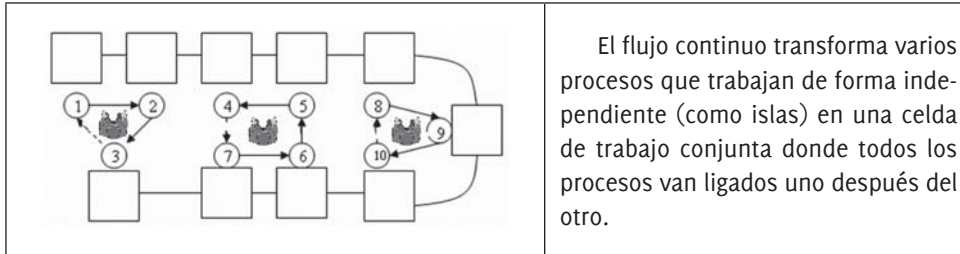
Una célula ordena varios equipos (y personal) en secuencia de proceso e incluye todas las operaciones necesarias para lograr completar un producto o una parte importante de esas operaciones. Cuando las operaciones se han reordenado en una célula, los operarios pueden producir y transferir entre operaciones una pieza cada vez con más seguridad y menor esfuerzo. Para la distribución de una célula se proponen los siguientes pasos:

- Ordenar los procesos de forma secuencial.
- El recorrido de los productos debe hacerse en sentido contrario al de las agujas del reloj, de manera que las máquinas deben instalarse adecuadamente. Así se promueve el uso de la mano derecha mientras el trabajo recorre las operaciones secuencialmente.
- Las máquinas deben estar posicionadas lo más cerca posible las unas de las otras, tomando en consideración la seguridad de los movimientos de manos y material en un área reducida.
- Colocar la última operación cercana a la primera.
- Crear una célula en forma de U o C, o incluso en L, S o V, dependiendo del equipo, las restricciones técnicas y los recursos disponibles. Un ejemplo de restricción viene dada por el “efecto de la contaminación cruzada”, en los sectores de alimentación, farmacia y veterinaria donde los procesos deben organizarse siempre de forma lineal.

Nota: La contaminación cruzada se da a partir de la transferencia de agentes contaminantes, por ejemplo, de un alimento, contaminado a otro que no lo está. Un caso típico es cortar un pollo crudo en una tabla y luego sin limpiarla cortar vegetales para preparar una ensalada.



Se colocan varios tipos de máquinas de forma lineal o en forma de L: se eliminan stocks entre procesos, pero no se resuelve la reasignación de las operaciones entre operarios para la adaptación a los cambios en la demanda.



CASO DE CÁLCULO DE TIEMPOS DE PROCESO Y BALANCEO

En este caso, se parte de la base de que para evaluar los recursos necesarios para realizar un proceso productivo, es imprescindible conocer el tiempo de proceso o de montaje y en consecuencia de cada una de las operaciones que intervienen. Las condiciones necesarias para el cálculo de tiempos de proceso y balanceo de líneas son las siguientes:

- Ser suficientemente pequeños para poder subdividir o agrupar operaciones de diferentes maneras (por ejemplo, del orden de 1/3 de tiempo de ciclo).
- Considerar aquellas operaciones que no se pueden subdividir.
- Considerar los tiempos de utilización de una máquina o equipo individual para poder identificar los “cuellos de botella”.
- Considerar los tiempos de operaciones que no se pueden interrumpir.
- Incluir los tiempos de manipulación o transporte del material si se realiza en paralelo con el montaje.
- Saber si está incluido tanto el tiempo de puesta a punto o *set-up* como el de cambio de unidad.

Como es sabido, el balanceo de una línea es un concepto que hace referencia a la organización equilibrada de una línea de producción, es decir, al reparto de las actividades del proceso en estaciones de trabajo, de manera que todas ellas tengan tiempos similares y la suma de todos los tiempos es el tiempo de ciclo (tiempo total necesario para producir una unidad de producto acabado).

Con estos elementos es posible diseñar una línea para un proceso de producción. Aunque las definiciones que se han dado encajan perfectamente en procesos industriales de montaje, también pueden aplicarse a procesos industriales de transformación o incluso continuos. En primer lugar, para sincronizar el ritmo de producción con las ventas se utiliza el *takt time*.

$$TAKT = \frac{\text{tiempo de trabajo}}{\text{producción requerida}} = \frac{\text{tiempo del turno} - \text{tiempo no productivo}}{\text{producción} + \text{número de piezas scrap}}$$

Dado que el proceso se realiza en una línea de n operarios o estaciones de trabajo, debe calcularse su número con la expresión definida en un apartado anterior:

$$\text{Número teórico de operarios necesario} = \frac{\text{Tiempo de ciclo}}{\text{Takt Time}}$$

Conviene tener presente que:

- Puede darse la circunstancia de que aparezca un cuello de botella, es decir, una operación o conjunto de operaciones de montaje que no se pueden repartir en más de una estación de trabajo por ser indivisibles y cuyo tiempo de ejecución es superior al *takt time*. Si no hay solución a este problema, por ejemplo aplicando técnicas *kaizen*, el *takt time* real sería mayor que el calculado.
- En el caso de líneas que pueden montar productos diferentes intervendrán unos tiempos adicionales denominados de *set-up*, derivados del cambio de material y utillaje.
- Los tiempos destinados a testear los productos deben incluirse en el proceso de montaje si se realizan en la propia línea, pues las operaciones de *test* forman parte del balanceo.

A continuación se desarrolla el caso práctico para el montaje de bobinas de arranque de un motor eléctrico, a partir de los datos siguientes:

- Capacidad de la línea: 300 unidades/día.
- Jornada laboral por empleado: 8 horas con un descanso de 30 minutos. Trabajo en dos turnos.
- Rendimiento o eficiencia: 80%.

Nº	Operaciones de montaje	Tiempo (min)	Estación	Tiempo
1	Coger caja bobinas del transportador y situarla	0,05	1	2,35
2	Coger estator y colocarlo en fijación	0,1	1	
3	Coger un grupo tres bobinas	0,1	1	
4	Destorcer terminales	0,2	1	
5	Colocar dos bobinas entre estator y fijación	0,3	1	
6	Colocar el estator en posición	0,25	1	
7	Colocar primera bobina	0,35	1	
8	Colocar segunda bobina	0,35	1	
9	Colocar tercera bobina	0,35	1	

Nº	Operaciones de montaje	Tiempo (min)	Estación	Tiempo
10	Girar la fijación 180°	0,05	1	2,35
11	Replegar bobinas en hueco estator.	0,25	1	
12	Deslizar cinta de fijación hasta el extremo opuesto de los terminales	0,1	2	2,2
13	Insertar el segundo lado de la 1ª bobina en la ranura	0,25	2	
14	Coger una cuña	0,05	2	
15	Plegar e insertar en la ranura	0,15	2	
16	Repetir de doce a catorce con la segunda bobina	0,55	2	
17	Repetir de doce a catorce con la tercera bobina	0,55	2	
18	Coger las tijeras	0,05	2	
19	Colocar el estator en posición de cortar	0,15	2	
20	Colocar las cintas de fijación de las tres bobinas	0,3	2	
21	Dejar las tijeras	0,05	2	
22	Coger el segundo grupo de bobinas	0,1	3 y 4	2,2
23	Repetir de 4 a 21 con el segundo grupo de bobinas	4,3	3 y 4	
24	Coger el tercer grupo de bobinas	0,1	5 y 6	2,2
25	Repetir de 4 a 21 con el tercer grupo de bobinas	4,3	5 y 6	
26	Coger el cuarto grupo de bobinas	0,1	7 y 8	2,2
27	Repetir de 4 a 21 con el cuarto grupo de bobinas.	4,3	7 y 8	
28	Coger el mazo	0,05	9	2,55
29	Colocar el estator en posición	0,1	9	
30	Remachar los extremos	0,25	9	
31	Girar la fijación 180°	0,05	9	
32	Colocar el estator en posición	0,1	9	
33	Remachar los extremos	0,25	9	
34	Dejar el mazo	0,05	9	
35	Coger ocho pedazos de tubo aislante de 1 mm	0,1	9	
36	Hacer que un tubo deslice hasta cada terminal	0,25	9	
37	Coger tres trozos de tubo aislante de 3 mm	0,1	9	
38	Hacer que un tubo deslice en cada par de terminales que conectar para el racor de las bobinas	0,25	9	
39	Entrelazar los tres pares de terminales de la conexión de bobinas (seis torsiones por cada par)	1	9	

Nº	Operaciones de montaje	Tiempo (min)	Estación	Tiempo
40	Coger las tijeras	0,05	10 y 11	2,3
41	Cortar las conexiones a la longitud deseada	0,2	10 y 11	
42	Dejar las tijeras	0,05	10 y 11	
43	Replegar los terminares dentro del hueco del estator	0,2	10 y 11	
44	Coger ficha de producción	0,05	10 y 11	
45	Inscribir en la ficha el número de orden y quitar la hoja de operaciones. Colocar la ficha en el hueco del estator	0,3	10 y 11	
46	Coger la hoja de operaciones	0,05	10 y 11	
47	Inspeccionar y probar el estator montado	3,5	10 y 11	
48	Colocar el estator en el transportador	0,2	10 y 11	
	Tiempo total	24,9		

En este caso se ha calculado el *takt time*, el número de estaciones de trabajo y se propone una solución para el balanceo de la línea.

$$Takt\ time = \frac{[(8 * 60) - 30] 0,8}{\frac{300}{2}} = \frac{360}{150} = 2,4\ min./\ Ud.$$

$$Número\ de\ estaciones = \frac{Tiempo\ total\ de\ ciclo}{Takt\ time} = \frac{24,9}{2,4} = 10,375 \cong 10,4$$

El *takt time* es de 2,4 minutos por unidad y el tiempo de ciclo total se obtiene a partir de la suma de todos los tiempos de ciclo individuales de las operaciones del proceso, estableciéndose 11 estaciones de trabajo (11 operarios).

Conviene señalar que las operaciones 23, 25 y 27 representan un grupo de operaciones del procedimiento de montaje cuyo tiempo de duración es superior al *takt time* y por tanto constituyen cuellos de botella. La solución adoptada ha consistido en unir las estaciones de trabajo 3-4, 5-6 y 7-8. Por otro lado, la estación de trabajo número 9 que abarca las operaciones de montaje o tareas definidas entre los números 28 a 39 requiere de un tiempo de 2,55 minutos, que es superior a los 2,4 minutos del *takt time*. Para estas operaciones deberá estudiarse la creación de un grupo *kaizen* con el fin de reducir dicho tiempo en un 6%. En cualquier caso, se trata de llegar a una solución de equilibrio.

Finalmente cabe señalar que se ha considerado que las herramientas (las tijeras por ejemplo), están siempre en su sitio y que por tanto, no se cumple

una de las leyes de Murphy según la cual “todos los objetos inanimados pueden moverse lo necesario para fastidiar”.

SÍNTESIS CONCEPTUAL



RESUMEN

Se entiende por *heijunka* la metodología que sirve para planificar y nivelar la demanda de clientes en volumen y variedad durante un día o turno de trabajo. El concepto *heijunka* puede ser la clave para la implantación de un verdadero sistema *pull* en una fábrica, porque propone tirar acompasadamente de la producción desglosando la producción en unidades en función del volumen o la variedad de los artículos a fabricar. La gestión práctica del *heijunka* requiere una buena comprensión de la demanda de clientes y los efectos de esta demanda en los procesos, y exige una estricta atención a los principios de estandarización y estabilización.

El *takt time* se define como el tiempo en que una pieza debe ser producida para satisfacer las necesidades del cliente. Producir según el *takt time* significa sincronizar el ritmo de la producción con el de las ventas, de manera que se tiene una idea de la velocidad a la cual se debería estar produciendo idealmente para evitar la sobreproducción.

El concepto de flujo continuo se resume mediante una frase simple: “mover uno, producir uno” (o “mover un pequeño lote para fabricar un pequeño lote”). Es fundamental el papel del flujo continuo dentro de la filosofía *lean*, en la que hay que asegurar que una operación “aguas arriba” nunca hace más de lo que requiere una operación “aguas abajo”, de manera que un flujo de valor nunca produce más de lo que solicita un cliente. Un obstáculo grave para conseguir un flujo continuo es una incorrecta distribución en planta y una velocidad variable en los procesos. En este sentido cabe señalar que el *layout* en forma de U facilita el trabajo colectivo y el flujo de una pieza.

■ MÓDULO III. HERRAMIENTAS LEAN: KANBAN

Las empresas viven bajo la doble restricción de la incertidumbre y la urgencia.

CHRISTOPHE EVERAERE

***Kanban*: el sistema de tirar de la producción**



Sin duda el intento más famoso de implantación, del sistema *kanban* es el de Toyota, cuyas bases son: la garantía de alta calidad y la producción de las partes precisas en las cantidades necesarias en tiempos cortos y fiables en cada proceso. Para que esto sea una realidad se aplica una idea sencilla: un sistema de tirar de la producción (*pull*) mediante un flujo sincronizado, continuo y en lotes pequeños, mediante la utilización de *kanbans*. *Kanban* en japonés significa, señal o cartel de tienda, pero en el contexto del sistema de producción de Toyota significa un pequeño signo enfrente del operario (una tarjeta, una caja vacía, un fax, etc.), que le marca la necesidad de producir.

OBJETIVOS DE LAS TÉCNICAS KANBAN. EL SISTEMA PULL



OBJETIVOS

El flujo *pull* significa que el material se sustituye en el proceso al mismo ritmo que se consume. El sistema *pull* se refiere a dos cosas:

- El flujo físico en el que se tira del material en vez de empujarlo por el sistema, lo que se conoce como *pull flow*.
- El procedimiento que se utiliza para indicar cuándo se necesita más material entre líneas y procesos separados se conoce como *kanban*.

Los objetivos de la implantación de un sistema *pull* mediante el uso de unas señales denominadas *kanban* son los siguientes:

- Simplificar las tareas administrativas de la organización de la producción y el lanzamiento de las órdenes de aprovisionamiento a los proveedores.
- Regular y reducir el nivel de los stocks, consiguiendo que cada operario solo produzca las unidades retiradas por el proceso posterior, de tal manera que la producción en cada momento coincida con las necesidades reales de este momento.
- Estimular la mejora de métodos y la reducción de stocks porque la disminución de inventarios de productos intermedios facilita la localización de problemas (cuellos de botella, averías, defectos de calidad, etc.), contribuyendo de esta manera a su resolución.
- Implantar un sistema de control visual que ayude a la localización de problemas de la producción.
- Facilitar el flujo continuo de la producción y conseguir la nivelación y el equilibrado de los procesos mediante un sistema *pull*.

TÉCNICAS KANBAN: ORIGEN



ORÍGENES

La primera aplicación se desarrolló en la empresa Toyota en 1975 y se puede definir como un sistema de información completo, que controla de manera armónica la fabricación de los productos necesarios, en la cantidad y en el tiempo adecuado, en cada uno de los procesos que tienen lugar en el interior de la fábrica.

Taiichi Ohno fue el creador del concepto de tirar de la producción, que se materializa en la práctica mediante la implantación del sistema *kanban*. Ohno explicaba cómo se le había ocurrido: “Combinar automóviles y supermercados puede parecer extraño. Pero durante mucho tiempo, desde que aparecieron los primeros supermercados en



América, nosotros hemos conectado los supermercados y el sistema Just in Time. Un supermercado está situado donde el consumidor puede comprar justo lo que necesita y en el momento en que lo necesita. Desde el punto de vista del vendedor, los trabajadores no pierden el tiempo transportando mercaderías de puerta a puerta, que posiblemente no sean vendidas, mientras que el comprador no tiene que preocuparse si adquiere más productos extras... La última etapa del proceso (el consumidor) va a la primera etapa (el supermercado) a adquirir el tipo de producto que necesita en el tiempo y la cantidad que necesita. La primera etapa, inmediatamente produce justo la cantidad que se ha llevado (reemplazando justo lo vendido). Nosotros sabíamos que esta idea nos ayudaría al Just in Time, que era nuestro objetivo y empezamos a aplicar este sistema a nuestro taller mecánico”.

DESCRIPCIÓN Y DEFINICIONES GENERALES

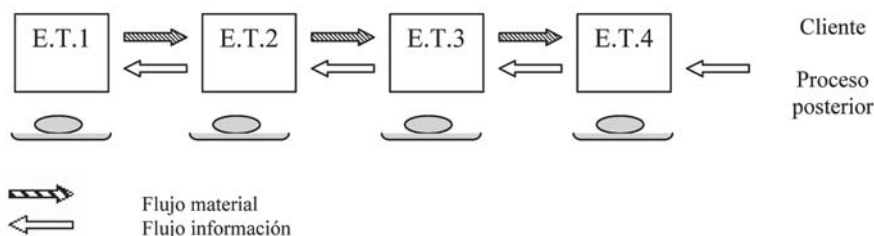


DEFINICIÓN

Se denomina *kanban* a un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas (en japonés *kankan*, aunque pueden ser otro tipo de señales), que consiste en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores, y estos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica, y éstos con la línea de montaje final. Se distinguen dos tipos de *kanbans*:

- El *kanban* de producción indica qué y cuánto hay que fabricar para el proceso posterior.
- El *kanban* de transporte que indica qué y cuánto material se retirará del proceso anterior.

La figura siguiente ilustra el funcionamiento mediante la representación de una línea de producción con cuatro estaciones de trabajo. Las flechas indican los flujos de información y de material.



La estación de trabajo número 4 lanza las órdenes de fabricación al recibir un pedido, que procede de un cliente o de otra línea de producción posterior; al ejecutar esta orden necesitará otro lote preparado por la número 3. Este flujo de material se ha de interpretar como una orden de fabricación para esta misma estación y este mecanismo se propaga hacia las estaciones anteriores.

La comunicación de las órdenes de fabricación entre las diferentes estaciones de trabajo se realiza mediante la utilización de unas tarjetas plastificadas denominadas *kanban*¹. Estas tarjetas recogen información como la denominación y el código de la pieza a fabricar, la denominación y el emplazamiento del centro de trabajo de procedencia de las piezas, el lugar donde se fabricará, la cantidad de piezas a producir, el lugar donde se almacenarán los artículos elaborados, etc.

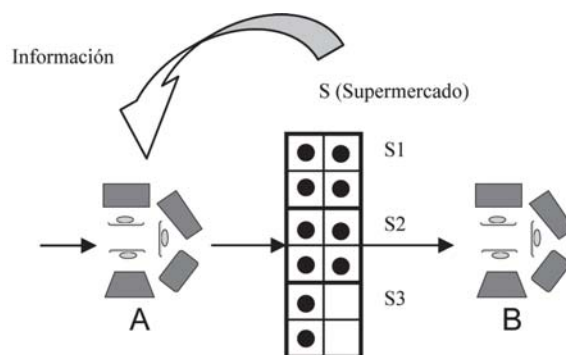
En este sistema, también se utilizan contenedores estandarizados, metálicos o de plástico, para transportar los lotes de materiales entre las diferentes máquinas y para almacenarlos en espera de que sean procesados. Cada contenedor que esté lleno de piezas deberá llevar pegado su correspondiente *kanban*, que podrá ser de producción o de transporte. En Toyota se considera que ningún contenedor ha de tener un tamaño superior al 10 por 100 de la demanda diaria del componente tratado. Se dice que el sistema *kanban* se ha inspirado en el concepto de los supermercados, porque:



1. Los consumidores eligen directamente los artículos y compran aquellos que desean.
2. Los consumidores reducen el trabajo del personal de almacén transportando por sí mismos sus compras hasta la zona de la caja.
3. En vez de utilizar un sistema de aprovisionamiento estimado, el supermercado reaprovisiona solamente los productos vendidos, reduciendo así los stocks excedentes.
4. Los puntos 2 y 3 posibilitan la reducción de precios, aumentando las ventas y los beneficios.

¹ En un entorno simple de taller, con uno o solamente unos cuantos productos, indicaciones como una caja vacía, una localización designada en el suelo (encintada o pintada), o pelotas de golf de colores, que ruedan por tubos de plástico (como por ejemplo, en la fábrica de motos de Kawasaki en Japón). Sin embargo, la señal más común es la tarjeta *kanban*, quizás porque mediante una tarjeta se puede comunicar mucha más información, por ser en soporte papel.

La principal aportación del uso de *kanbans* es la señalada en tercer lugar; en lugar de utilizar un sistema de aprovisionamiento en función de unas previsiones, se reaprovisiona solamente el material vendido, reduciéndose de este modo los stocks no deseados. ¿Hay alguna garantía de que lo que no se ha vendido hoy pueda ser vendido mañana? La empresa solo dispone de una probabilidad de que los artículos vendidos hoy también puedan serlo mañana, pero no hay nada cierto en ello. Por esto, el objetivo es eliminar o al menos reducir los stocks de artículos acabados, reconvirtiendo el proceso hacia la producción contra pedido. Desde esta perspectiva, lo ideal sería tener órdenes o pedidos por anticipado y vender solamente lo demandado. Pero como esto en la práctica sería muy costoso, se ha adoptado como sustitutivo el sistema de reposición utilizado en un supermercado, tal como se muestra a continuación.



Si se supone que las líneas de producción A y B solamente procesan un tipo de producto. Este producto pasa secuencialmente de la línea A a la B. El espacio S entre A y B, almacena piezas ya procesadas por A y se divide en tres cuadros o celdas S1, S2 y S3 a modo de supermercado, cada uno de ellos con capacidad para almacenar un número determinado de piezas, por ejemplo cuatro. Estas celdas actúan como una señal, informando al proveedor A cuando precisa procesar más piezas para el cliente B. En la operación normal de B, éste irá retirando piezas de S, las procesará y las enviará al proceso posterior al B. Cuando todos los cuadros S1, S2 y S3 están llenos, A no tiene dónde colocar su producción y se para.

Tal como se intuye, las reglas de uso del *kanban* establecen que A podrá procesar más piezas cuando una (o más) de las celdas se vacíen. La cantidad a procesar viene dada por la capacidad de los espacios vacíos, por ejemplo, si hay dos celdas vacías, A procesará ocho piezas para llenar estos espacios. Así, la retirada de piezas por parte de la sección B dispara una señal de demanda para procesar más piezas en la operación A. Los espacios, estando llenos o vacíos,

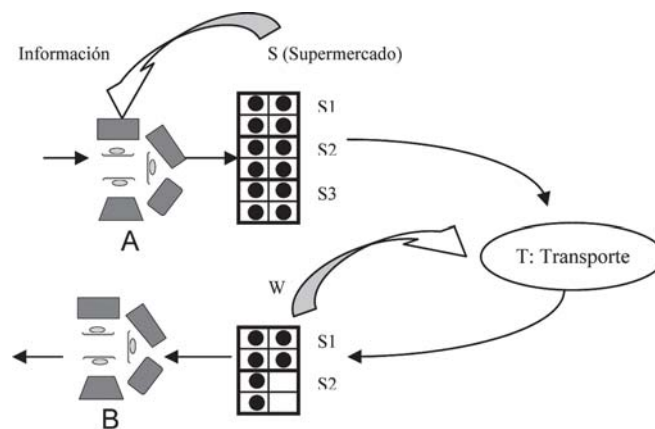
proporcionan la información en la que se basa A para determinar su producción. Esta señal se llama *kanban* de producción.

El *kanban* también limita el stock existente entre dos operaciones. En el ejemplo usado anteriormente nunca se encuentran más de 12 piezas entre A y B. El operador A solo procesará piezas cuando B las precise, y en la cantidad que B haya usado. Esto se cumple perfectamente cuando la capacidad del espacio es la unidad y el número de espacios se reduce a uno, ... justamente esta es la meta final.

En una situación real la capacidad de cada *kanban* (correspondiente al tamaño del lote de producción o de transporte) y el número de *kanbans* (que limitan el stock en una estación de trabajo) debe minimizarse. Si dos líneas de producción A y B no están contiguas, A no puede ver qué sucede con el nivel de piezas en S, puesto que S está en la alimentación de B. En estas circunstancias, introduciremos una operación de transporte T consistente en desplazar piezas de la salida de A a la entrada de B.

El sistema *kanban* utiliza dos tipos de tarjetas: transporte y producción. El contenido de los *kanbans* en W (*kanbans* de transporte) indican cuándo y en qué cantidad hay que transportar piezas de S a W. Así pues, los *kanbans* de transporte son tarjetas que se mueven entre dos lugares de trabajo e indican las cantidades de componentes a retirar del proceso anterior. Los *kanbans* de producción se mueven dentro de un mismo lugar de trabajo y funcionan como órdenes de fabricación. Este sistema de dos tarjetas es más complejo que el sistema que solo utiliza una.

Como puede observarse, el contenido de los *kanbans* en el supermercado indica cuántas unidades hay que procesar en la línea de producción A. Esta separación entre el proceso y el transporte es importante, porque en muchos modelos anteriores de gestión el transporte no se contemplaba explícitamente, a pesar de ser una actividad que no añade valor.



A continuación se adjunta un formato de ejemplo de *kanban* de transporte.

Kanban de transporte		
Código:		
Descripción:		
Automóvil:		
Cap. Caja	Tipo Caja	Kanban N°

De:
A:

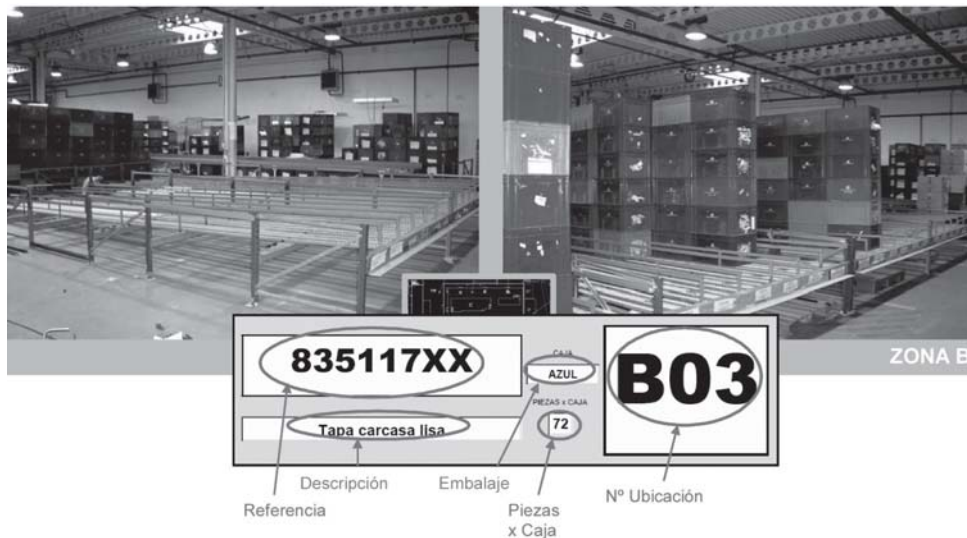


Para la implantación del sistema deben colocarse tanto al principio como al final unos contenedores, carros u otros elementos para almacenar las piezas y transportarlas desde el final de un proceso hasta el principio de otro o viceversa. Estos contenedores tendrán su correspondiente tarjeta, que contendrá los datos del suministro (código de la pieza, capacidad, número de *kanban*, proceso origen, proceso de destino, etc.), de manera que la cantidad especificada será la capacidad del contenedor. Al principio y al final de cada proceso, al lado de los contenedores habrá unos casilleros, por ejemplo como los de la imagen anterior, donde se depositarán las tarjetas. De esta manera, cada tarjeta cumple una función distinta según el casillero que ocupa:

- Una tarjeta de transporte situada en un casillero del inicio del proceso (que se referirá por tanto a un componente del mismo) deberá ser colocada en un contenedor vacío para ser transportado al final del proceso anterior y solicitar dicho componente.
- Una tarjeta de transporte situada en un casillero del final de un proceso (hace referencia a productos acabados) deberá ser asignada a un contenedor lleno para ser transportada al proceso siguiente.

En algunos casos, la función de las tarjetas de transporte puede integrarse con las de producción, dando lugar a un sistema de tarjeta única, de manera que una tarjeta destinada a recoger un material determinado puede utilizarse para generar directamente la producción correspondiente en el proceso anterior. Esto ocurrirá si ambas áreas están muy próximas y enlazadas automáticamente

y siempre que el *lead time* de producción no supere el máximo que puede admitir el proceso que espera el componente. Si varios procesos están enlazados secuencialmente (como un proceso único), se utiliza una tarjeta única denominada *kanban túnel*.



Un caso especial de tarjeta de transporte es el *kanban de proveedor*, que se remite para solicitar materiales a un proveedor. Una forma especial de utilización de esta tarjeta consiste en dirigirse al proveedor con un *kanban* de este tipo y un contenedor vacío (a no ser que el envase de entrega del producto haga de contenedor), pero que esta tarjeta haga de pedido para un suministro ulterior. Es este caso, lo que se recoge es un contenedor o envase lleno correspondiente al entregado en la visita anterior. El sistema permite que no se incremente el *lead time* total de la recogida con la espera de la producción (si es que ésta es necesaria) y el llenado del contenedor.

En las imágenes anteriores se observa que se ha dispuesto para las ubicaciones una estantería denominada comúnmente *petit rail* que facilita la carga y descarga de las cajas, gracias a los rodamientos de que dispone. En cada raíl se coloca la tarjeta con la referencia que debe alojar.

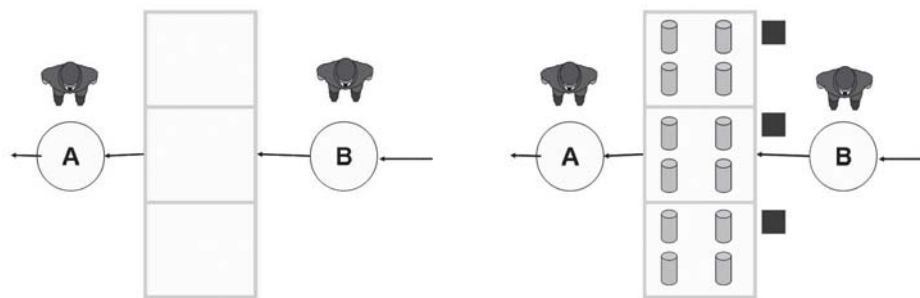
IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA KANBAN: FUNCIONAMIENTO

Para explicar el funcionamiento práctico del sistema se toma un caso con dos estaciones de trabajo que se designan por A y B. Se han representado los *kanbans* mediante unos cuadros pintados en el suelo, en este caso se dispone de

tres *kanbans*. La definición del número de *kanbans* sigue un método de prueba y error, y podrá modificarse posteriormente si se observa que la cosa no funciona, de manera que en Toyota tardaron diez años en afinar del todo el sistema. Para directivos con mentalidad cuantitativa, el número de tarjetas se puede calcular de la siguiente manera (después se verá con más detalle):

$$N^{\circ} \text{ de } kanbans = \frac{[\text{Consumo medio diario} * \text{duracion del stock deseado}] + \text{stock en curso}}{\text{Cantidad de piezas en el cuadro}}$$

Si se analiza con más detalle lo que sucede entre dos centros de trabajo, donde por ejemplo A suministra componentes a B.

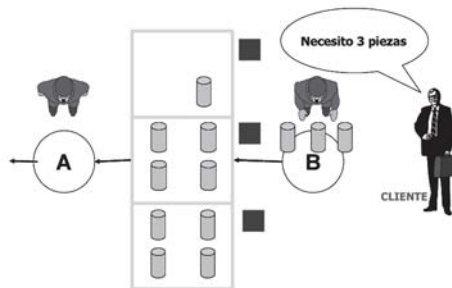


Sistema productivo con dos máquinas o estaciones de trabajo. En este caso las líneas están pintadas en el suelo (pero podrían estar sobre una mesa de montaje).

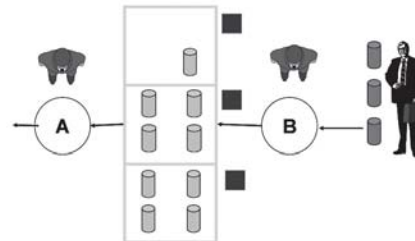
Tres *kanbans* con cuatro unidades por cada *kanban*. En este momento los operarios A y B están parados puesto que no hay ningún cliente que tire de la producción.

En estas condiciones:

- El operario A siempre producirá cuatro unidades que completarán un cuadro que haya quedado vacío.
- El operario B consume un lote completo de cuatro unidades, quedando un cuadro vacío, generándose una orden de fabricación para el proceso anterior. El operario de la estación de trabajo A ha fabricado tres lotes de cuatro unidades, y ha dejado estos lotes en los espacios reservados. Cuando los tres cuadros están llenos, este operario se para. Obsérvese que la orden de fabricación son los mismos cuadros pintados, bien sea en el suelo o sobre la mesa de trabajo.

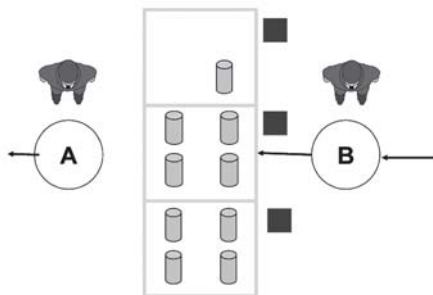


El operario B procesa tres piezas. El operario A no hace nada. No ha quedado ningún *kanban* libre.

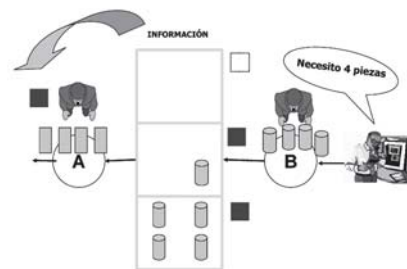


El operario B entrega tres piezas al cliente. El operario A no hace nada. No ha quedado ningún *kanban* libre. Ahora A y B quedan parados.

Cuando el operario de la estación de trabajo B necesita las tres piezas para satisfacer el pedido del cliente, toma las tres del primer cuadro. El primer cuadro no queda vacío de manera que el operario A sigue sin tener que hacer nada, al no haberse liberado ningún *kanban*. Los operarios deben aprender a crear conexiones fluidas entre procesos con la intervención y soporte de los encargados para perfilar y ajustar el sistema.



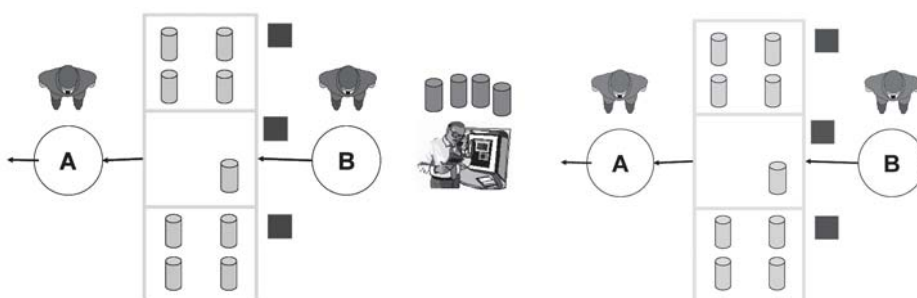
Los dos operarios están parados. La filosofía es "no hacer nada si nadie lo pide".



Aparece un nuevo cliente que necesita cuatro unidades. El operario B procesa cuatro unidades, quedando un *kanban* libre que A toma para procesar cuatro unidades para completar el primer cuadro vacío.

Cuando un cliente nuevo hace llegar su pedido de cuatro unidades genera inmediatamente una orden de producción para el operario B, que comenzará a

fabricar un lote de cuatro unidades. Tomará la única unidad que queda del primer cuadro y tres del segundo. Esta acción liberará un *kanban* que servirá para que el operario A inicie su trabajo para producir las cuatro piezas que necesita para llenar el primer cuadro. En el segundo cuadro quedará una sola pieza. Obsérvese que el procedimiento sigue un sistema FIFO, de manera que se retiran primero los artículos que entraron en primer lugar en el stock.



El operario B ha entregado cuatro unidades al cliente. El operario A ha procesado las cuatro piezas para completar el primer cuadro. El *kanban* vuelve a su posición.

Los dos operarios están parados porque no hay ningún pedido pendiente, no hay clientes y si nadie necesita nada el sistema se detiene.

Cuando el operario A ha completado las cuatro unidades del primer cuadro, deja el *kanban* en su sitio y se para. De la misma manera, cuando el operario B ha acabado el trabajo y ha satisfecho la demanda del cliente también se para, ya que no ha llegado ningún pedido nuevo.

Se observa que este mecanismo retrocede hacia atrás a lo largo de toda la cadena de producción, obviamente es un *pull system*. El trabajo se hace más sencillo y eficiente y el sistema se desplegará más fácilmente al resto de la fábrica. Cuando en toda la planta se implante este sistema, se podrá pensar en desembarazarse de los stocks entre estaciones de trabajo y líneas de montaje, mediante el estudio de los procesos y las líneas de toda la fábrica, la búsqueda de procesos separados y el intento de crear un nuevo *layout* más eficiente. Un *layout* más racional y simple implica, entre otras mejoras, menos transportes internos y una reducción de los puntos de almacenaje. En resumen, el funcionamiento de un sistema *kanban* se basa en las reglas siguientes:

1. El proceso posterior recogerá del anterior, en el lugar adecuado, los productos necesarios en las cantidades justas.

2. El proceso precedente fabricará sus productos en las cantidades recogidas por el proceso siguiente.
3. El número de *kanbans* ha de tender a disminuir.
4. Los productos defectuosos nunca han de pasar al proceso siguiente, esto implica que las relaciones con el proveedor son muy importantes, y se basan en una tremenda confianza mutua.

Cuando los operarios A y B están parados, ¿qué hay que hacer? Seguramente esta pregunta pone nerviosos a los trabajadores que piensan que les van a despedir porque no trabajan y a los empresarios porque han de pagar a operarios que están parados. A los primeros se les puede decir que no hemos encontrado ninguna publicación relativa a técnicas de *lean manufacturing* que considere que la reducción del número de empleados de una empresa sea un objetivo,... aunque no se puede negar que a los ejecutivos japoneses les agrada la idea de operar en un país donde tienen libertad para despedir a las personas por razones válidas.

A los gerentes se les podría recordar el despilfarro que generan los stocks de productos acabados en los almacenes y el impacto negativo de éstos para la rentabilidad de la empresa.

$$\text{Rentabilidad económica} = \frac{\text{Beneficio neto}}{\text{Activo}} * 100$$

Este ratio es conocido por su gran importancia, porque pone de manifiesto que producir sin tener un pedido en firme reduce la rentabilidad económica de la empresa. A pesar de la meridiana claridad de este razonamiento, la tendencia natural es producir cosas aunque no se necesiten. A continuación se exponen tres casos (que pueden gustar más o menos), que explican qué pasa cuando los operarios “A” o “B” siguen parados porque,... no hay clientes.

1. Según Schonberger (1999), en octubre de 1981 Kawasaki (EE UU) prestó 11 de sus empleados sobrantes a la ciudad de Lincoln, que trabajaron para dicha ciudad durante varios meses mientras Kawasaki les pagaba sus salarios y sus prestaciones.
2. En Industrial Bolsera, S.A. (cuya actividad principal es la fabricación de bolsas de papel), los operarios parados realizan tareas de mantenimiento de máquinas (en un 80% del tiempo), preparan futuros trabajos, reciben cursos de formación y reciclaje para potenciar su polivalencia o trabajan en temas de seguridad e higiene en el trabajo.
3. A Genichi Kawakami no le gustaba ver que algunas de las máquinas de su

padre estuviesen paradas. Para darles una salida, intentó fabricar con ellas máquinas de coser, componentes de vehículos, coches de tres ruedas,... hasta que dio con las motocicletas, de manera que después de convertir a Yamaha en el mayor fabricante del mundo de pianos, se lanzó con las motos. Kawakami decía: “Haz de cada reto, una oportunidad”.

Desde una perspectiva teórica pueden adoptarse las siguientes acciones: enviar trabajadores polivalentes sobrantes a otros procesos, abortar las acciones emprendidas de reclutamiento o selección en el caso de nuevas necesidades de personal, plantearse producir materiales o componentes adquiridos o subcontratados, promover reuniones de grupos de mejora. Si después de estas consideraciones los operarios “A” y “B” siguen estando parados,... entonces hay un problema derivado de equivocadas estrategias de marketing o por la comercialización de productos obsoletos que no satisfacen las necesidades ni las exigencias de un mercado muy competitivo.

Fórmulas: cálculo de las piezas del *kanban*

Como ya se ha visto, un *kanban* define la cantidad de cada pieza que debería llevarse hasta el área de trabajo cuando se necesita un nuevo suministro de ésta. El *kanban* se calcula para cada una de las piezas utilizadas en cada estación de trabajo. Dicha cantidad prevé el exceso de stock y la rotura del mismo. Conociendo el *kanban*, se asegura el aprovisionamiento de las piezas necesarias para la producción del día. También se reduce el coste al disponer solo del inventario que se necesita para un flujo equilibrado. Hay un interés en medir el *kanban* para tener solamente piezas suficientes para trabajar mientras un segundo lote se está preparando. Para calcular el *kanban* de un artículo se propone la siguiente expresión:

$$K = \frac{(D*Q)*R}{H*P}$$

donde:

- D = El número de productos (los llamamos subconjuntos) que necesitan los grupos de trabajo para producir cada turno.
- Q = Cantidad total de esta pieza usada en el producto (de la lista de materiales).
- R = Tiempo de reposición (cuántas horas se tarda en tener un nuevo suministro de piezas, después de haberlas pedido)... del almacén o del área WIP (área de material en proceso).

- H = El número de horas de trabajo por turno (el número de horas de trabajo menos los descansos, los desayunos, los tiempos improductivos, etc.).
- P = El número de piezas que el almacén sitúa en el paquete o contenedor. Por ejemplo, unos tornillos deben empaquetarse con 50 unidades en cada caja.

Ejemplo:

En una fábrica de bisutería se empaquetan collares de fantasía en bolsas de papel y se producen 200 bolsas cada día. Si se trabaja en un turno de siete horas y se tardan cuatro horas en recibir un nuevo suministro de bolsas (enviadas 25 en un paquete) después de hacer un pedido con el sistema de suministro, ¿cuál es la medida del *kanban* de bolsas para asegurarse una gestión eficiente?

$$K = \frac{(D*Q)*R}{H*P}$$

D = Porcentaje diario por turno = 200 (bolsas por día)

Q = Cantidad total de bolsas que se necesitan por tipo de producto = 1 bolsa

R = Tiempo de reposición de stock = 4 horas

H = Número de horas de trabajo por turno = 7 horas

P = Número de bolsas que el suministrador pone en un paquete = 25 bolsas por paquete

Entonces:

$$K = \frac{[200 (1)] 4}{7 (25)} = 4,6 \cong 5 \text{ paquetes}$$

Esto significa que siempre que se necesita un aprovisionamiento de bolsas, se deberían de recibir cinco paquetes a la vez para llenar el primer *kanban* (*container*) vacío en un sistema de dos (*containers*). Si se supone ahora que cuando se piden las bolsas al proveedor transcurre un periodo de 24 horas (tiempo de reposición). ¿Cuál es la medida *kanban* para las bolsas que vienen del proveedor?

$$K = \frac{[200 (1)] (24)}{7 (25)} = 27,4 \cong 28 \text{ paquetes}$$

Nota: en este ejemplo, la cantidad *kanban* en este segundo caso es prácticamente seis veces mayor que la cantidad del *kanban* en la línea. La diferencia se justifica por el hecho de que el tiempo de reposición (R en la fórmula anterior) del proveedor es seis veces mayor.

Fórmulas: Número de *kanbans* (número de tarjetas en circulación)

Es obvio que el cálculo del número de tarjetas *kanban* facilita la medida del stock entre dos procesos. El procedimiento empleado para calcular el número de tarjetas es una aplicación del clásico *método del punto de pedido* (pero con los objetivos previos de introducir mejoras para reducir los tiempos de preparación de manera que los lotes de entrega sean pequeños). El número de *kanbans* debe ser suficiente para cubrir la demanda durante el plazo de entrega más un cierto stock de seguridad, en previsión de pequeñas variaciones. Se utilizan los siguientes parámetros:

- DM = Demanda media diaria del programa uniforme.
- TD = Retraso del tránsito, número de viajes de recogida entre la entrega de la tarjeta y la recogida del material.
- 2 = Constante que dice que el número mínimo de viajes para completar una transacción es 2.
- ND = Número diario de entregas.
- CC = Capacidad del contenedor.
- SS = Stock de seguridad.

$$N^{\circ} \text{ de } kanbans = \frac{DM(2 + RT)(1 + SS)}{NN(CC)}$$

La expresión que se reproduce a continuación es la utilizada en Toyota: DMU, es la demanda por unidad de tiempo durante el periodo firme tratado, TR es el tiempo de reposición de un contenedor (este tiempo incluye los tiempos de transportes de fabricación, esperas y vaciado), CS es un coeficiente de seguridad (del que no se disponen pistas que ayuden a determinarlo), y CC es la capacidad del contenedor.

$$\text{Número de } kanbans \geq \frac{DMU [TR (1 + CS)]}{CC}$$

Una nueva propuesta de fórmula² para calcular el número de *kanbans* es la que se expone a continuación mediante un ejemplo:

² Gaither N, Frazier G, (2000). *Administración de producción y operaciones*. 8ª Edición. International Thomson Editores.

- N = Número de tarjetas o contenedores necesarios entre dos estaciones de trabajo.
- U = Ritmo de uso de la estación de trabajo “cliente” medido en piezas o componentes hora.
- T = Tiempo necesario para que una tarjeta o contenedor recorra todo un ciclo, es decir, abandone la estación de trabajo y regrese vacío, se vuelva a llenar y vuelva a salir lleno.
- P = Coeficiente que mide la eficiencia del sistema. P puede tomar valores entre 0 y 1. Un 0 correspondería a la eficiencia perfecta, y un 1 a la ineficiencia pura.
- C = Capacidad del contenedor estándar o número de unidades del *kanban*.

Ejemplo:

En un proceso industrial hay dos estaciones de trabajo adyacentes, una es la cliente y la otra es el centro de producción. La estación de trabajo usuaria o cliente presenta un ritmo de producción de 175 componentes o piezas por hora. Cada contenedor o *kanban* tiene una capacidad de 100 componentes. En promedio se necesitan 1,10 horas para que un contenedor lleno con 100 piezas, que sale de la estación de trabajo productora, regrese vacío (después de haber abastecido a la estación de trabajo cliente), se vuelva a llenar y salga de nuevo. Se trata de calcular la cantidad de contenedores necesarios, si el sistema se clasifica con una eficiencia de 0,25.

$$N = \frac{U \cdot T \cdot (1 + P)}{C} = \frac{175 \cdot (1,1) \cdot [1 + 0,25]}{100} = 2,4$$

En estas condiciones se necesitan tres contenedores, porque al redondear hacia arriba se introduce una holgura o stock de seguridad y generalmente esto es preferible a tener muy pocos contenedores. Se puede utilizar más del mínimo de contenedores entre dos estaciones de trabajo, ya que el centro productor pudiera no ser capaz de llenar de forma inmediata el contenedor.

Con los resultados obtenidos se hace una simulación informática. Tanto el número de tarjetas como el número de piezas de cada tarjeta puede ser modificado, ya que el sistema contempla que el supervisor o encargado del proceso lo pueda hacer.

Fórmulas: número de *kanbans* de transporte

Para el cálculo del número de tarjetas *kanban* de transporte se propone la siguiente fórmula:

$$\text{Número de kanbans de transporte} = [N_L + N_T] / E$$

T_L = Tamaño de lote mínimo (en el caso de que exista).

T_T = Tiempo de respuestas del transporte (desde que se consume el contenedor hasta la llegada de los contenedores llenos del stock de aprovisionamiento).

T_{cc} = Tiempo de ciclo de una pieza en la etapa de consumo.

E = Número de piezas de cada contenedor.

N_L = T_L (Número de piezas por lote).

N_T = T_T / T_{cc} Número de piezas para cubrir el tiempo de transporte.

Si hay un tiempo de stock de seguridad T_S , hay que añadir $N_S = T_S / T_{cc}$

$$\text{Número de kanbans de transporte} = [N_L + N_T + N_S] / E$$

CONSECUENCIAS DEL SISTEMA *PULL* MEDIANTE *KANBAN*

La implantación del sistema *pull* mediante *kanban* genera por lo menos las implicaciones siguientes que se desarrollarán a continuación:

1. Sistema de aprovisionamiento y recogida mediante tren logístico.
2. Nivelación de la producción mediante contrato logística-producción.
3. Entregas frecuentes con los proveedores.

Sistema de aprovisionamiento y recogida mediante tren logístico

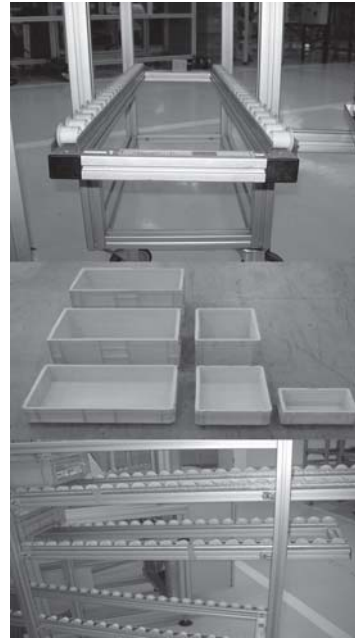
Se propone que en la planta, el sistema de aprovisionamiento y recogida se realice mediante un tren logístico, ya que éste supone numerosas ventajas respecto a carretillas y carros manuales.

El tren, en sí mismo, constituye un puesto de trabajo, con clientes y proveedores. El trabajo con los clientes consiste en entregar cajas llenas y retirar cajas vacías. Este intercambio se realiza mediante aprovisionamientos frontales diseñados en la línea. Se colocan estanterías de entrada para las cubetas llenas

y estanterías de salida para las vacías. Los contenedores vacíos se colocarán en los carriles dinámicos situados en la parte superior de la estantería. Los carriles dinámicos son estanterías inclinadas con rodillos que ahorran movimientos y tiempo. Permiten que la célula de trabajo quede abastecida y libre en el interior mientras llega el aprovisionador.

Sobre los carriles dinámicos se colocan los contenedores o cubetas reutilizables de plástico y de fácil manipulación porque pesan poco. Permiten que el material se pueda coger directamente de la cubeta porque se colocan a la altura del operario. Se trata de un método limpio que evita la pérdida de tiempo que representa abrir cajas de cartón. El tren que realiza un aprovisionamiento permanente reemplazando lo que se consume en la línea, tiene las siguientes funciones:

- Recoger las necesidades de sus clientes.
- Recoger las cajas vacías.
- Recoger el material en el almacén y el de a pie de línea de otros procesos de fabricación.
- Llenar los aprovisionamientos frontales.



El circuito del tren, como cualquier proceso, está estandarizado con el mismo recorrido y sus clientes y/o proveedores también deben ser siempre los mismos. El aprovisionador debe disponer de un método operativo que le indique por dónde debe pasar, parar y cargar los contenedores en el tren, para garantizar la eficacia de las entregas. En la práctica, la frecuencia media de paso del tren debe ser de unos 15 minutos a 30 minutos. Un circuito muy largo (por ejemplo de una hora) se convierte casi en una expedición y el aumento de trabajo genera pérdidas de productividad por la longitud del tren y la excesiva cantidad de información que debe manejarse.

Por otra parte, a menor frecuencia de paso más largo será el tren y el aprovisionador perderá más tiempo entre la cabeza y la cola. Los trenes circulan mientras la fábrica está en funcionamiento, de manera que si la fábrica trabaja por la noche, deberá circular como mínimo un tren en horario nocturno. De no ser así, se perdería productividad y quedaría afectada la organización del día siguiente (aprovisionamientos frontales vacíos y contenedores en los pasillos). Todo este razonamiento también es válido para los fines de semana. A continua-

ción se presentan las ventajas del tren logístico respecto al sistema convencional de carretillas.

Calidad

PROBLEMA DE LA CARRETILLA O TRASPALETA	SOLUCIÓN CON EL TREN
Los errores en el montaje se producen porque se mezclan referencias.	El tren solo entrega las piezas necesarias.
Las piezas se deterioran durante la manipulación debido a las horquillas. Ejemplo: perforaciones en las cajas de cartón.	El transporte de las piezas se realiza solo mediante el tren de aprovisionamiento.

Coste

PROBLEMA DE LA CARRETILLA O TRASPALETA	SOLUCIÓN CON EL TREN
La frecuencia de entrega de las piezas es menor (1 o 2 veces por equipo), lo que provoca la acumulación de stocks en el puesto de trabajo desplazamientos y manipulaciones.	Las piezas pueden entregarse varias veces cada hora en la línea de producción.
El aprovisionamiento está a cargo de varias personas. Por ejemplo, un carretillero por línea.	El conductor del tren es el único responsable del aprovisionamiento.
Las tareas del aprovisionador no están definidas ni son regulares y su trabajo no puede controlarse.	El circuito, la frecuencia y las tareas del aprovisionador se cuantifican y pueden dar lugar a listados de instrucciones.
La carretilla solo transporta una referencia cada vez lo que provoca numerosas idas y venidas.	El tren transporta varias referencias a la vez.
Con frecuencia, las carretillas elevadoras circulan vacías.	El tren circula completo con cajas llenas de piezas o vacías.

Plazo

PROBLEMA DE LA CARRETILLA O TRASPALETA	SOLUCIÓN CON EL TREN
En las líneas se producen incidentes, porque algunas piezas no se entregan a tiempo (no hay sincronización en el aprovisionamiento).	El circuito y la frecuencia de paso están claramente definidos, evitando así paradas de línea.
Las rupturas de aprovisionamiento provocan paradas en la línea.	Las rupturas de aprovisionamiento en el almacén durante la carga no provoca paradas.

Motivación

PROBLEMA DE LA CARRETILLA O TRASPALETA	SOLUCIÓN CON EL TREN
Los equipos se deterioran debido a los golpes que reciben de las carretillas elevadoras.	Los trenes no deterioran los equipos y rara vez van marcha atrás.
La circulación de las carretillas causan accidentes laborales (por ejemplo, las derivadas de la visión limitada en las maniobras marcha atrás).	El campo visual es amplio y en el sentido de la marcha.
La necesidad de autorización especial para conducir carretillas limita la polivalencia.	Cualquier operario puede conducir el tren.
Por la variedad de los medios de manipulación de la carga, los pasillos deben estar destinados exclusivamente al transporte y deben estar equipados con protecciones especiales.	Un solo medio de manipulación y transporte.

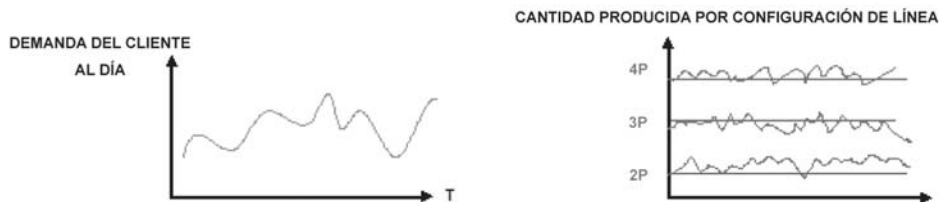
A continuación se adjunta un caso de implantación de un tren (con un vagón motorizado), en una línea de montaje. Inicialmente se efectúa un aprovisionamiento a partir de la demanda, para pasar después a una nueva situación con un aprovisionamiento ciclado, habiéndose establecido unas zonas de preparación, reacondicionamiento y *picking*. El reparto o distribución del material se realiza en ciclos definidos desde el exterior de la célula mediante la utilización de un tren.

**Nivelación de la producción: contrato logística-producción**

Para obtener la nivelación y capacidad tanto de la producción como de los materiales y recursos humanos, se establece un acuerdo entre las áreas de logís-

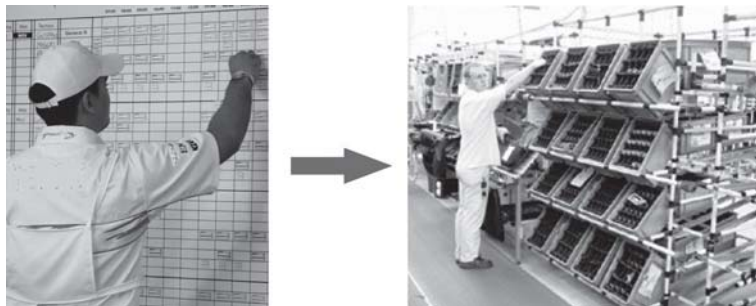
tica y de producción, referente a la variedad y cantidad a producir en un periodo mínimo de un mes, lo que se denomina contrato. Las implicaciones para logística son: la necesidad de dimensionar la cadena logística a través de los pedidos hechos por los clientes y la garantía de suministro de componentes para montar a tiempo los productos. Por su parte, el área de producción debe fabricar las cantidades pedidas, gestionando sus recursos tanto humanos como materiales, independientemente de las incidencias que se produzcan.

De esta manera, el contrato entre ambas partes tiene por objetivo proporcionar condiciones de estabilidad a la producción. Mensualmente se generará un nuevo contrato que debe ser firmado por los responsables de los departamentos de logística y de producción, y donde se revisan las nuevas cantidades.

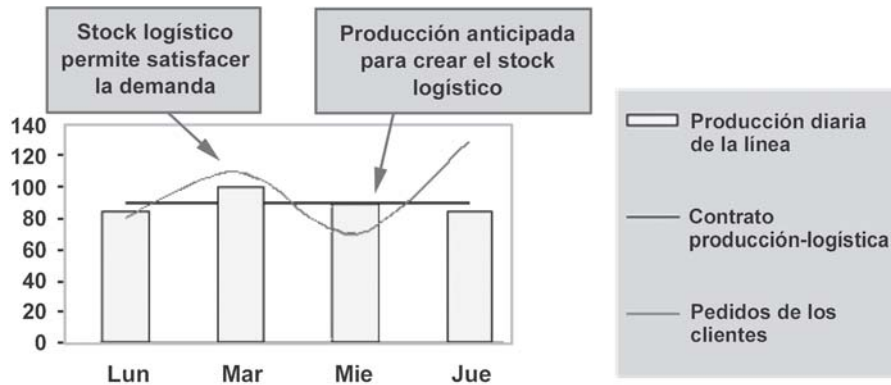


Con la recepción de los pedidos, pueden presentarse dos escenarios distintos:

1. Pedido del cliente < contrato → se genera stock.
2. Pedido del cliente > contrato → satisfacción del cliente por el stock creado con anterioridad.



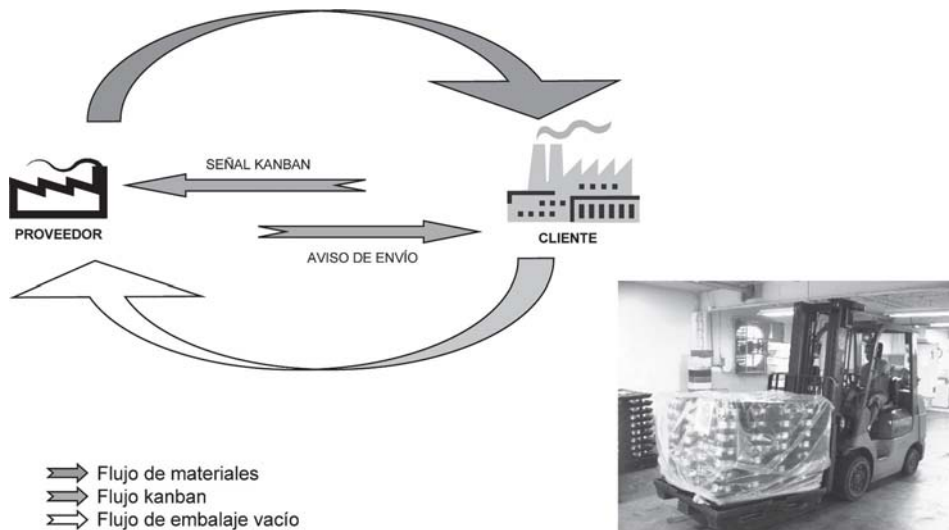
- El contrato de producción-logística presupone un stock de producto terminado.
- Este stock estará disponible en el *área de expediciones*, garantizando el sistema FIFO, con capacidad limitada (dimensionado de acuerdo con la demanda) y permitiendo su gestión visual.



- El contrato de producción-logística presupone un stock de producto terminado.

Entregas frecuentes con los proveedores

Trabajando mediante el sistema *pull* se obtiene un flujo tirado de la producción y que, por lo tanto, solo se fabrican aquellos productos que quiere el cliente. Pero si se quiere obtener un verdadero flujo continuo, hay que seguir tirando de este flujo, y esto se traslada al almacén, donde llega el material necesario para la producción. Una manera de conseguir este objetivo es el de aprovisionarse de material según se vaya necesitando, igual que en las líneas de producción, trabajando con proveedores con una política de suministro de entregas frecuentes.



Si los pedidos a los clientes se sirven con periodicidad mensual, la planta dispondrá de elevados stocks de tránsito de productos acabados, lo que implica un coste de oportunidad de dinero y espacio. Si es posible cambiar las entregas mensuales a diarias, el inventario se reducirá en un 95% (si se consideran 20 días laborables por mes), y los beneficios obtenidos son:

- Una reducción de inventarios, menor necesidad de espacio en el almacén y por tanto menos recursos necesarios para su gestión.
- Una mayor flexibilidad en caso de cambios en los pedidos del cliente o problemas del propio proceso productivo.
- El tiempo que transcurre desde que la materia prima se compra, se transforma en producto final y se entrega a los clientes se reduce, mejorando el *lead time*.
- Si hay defectos de calidad, éstos se detectan y se comunican al proveedor con mayor rapidez, minimizando el rechazo y los retrabajos.

Relación con los proveedores

Como es sabido, la organización del transporte incide en la cuenta de resultados, y es posible contener los gastos con entregas más frecuentes, mediante circuitos proveedores-clientes, centros de recogida y otros sistemas. El enfoque del circuito se basa en la condición de que la distancia entre varios proveedores (también es válido para clientes) es limitada y que, por tanto, un medio de transporte que parte de una planta cliente (o de proveedor) puede recorrer una determinada ruta recogiendo componentes de diversas plantas proveedoras (o entregar componentes a varios clientes). Las rutas y cantidades se optimizan, de modo que el vehículo pueda recoger materiales en tiempos preestablecidos y en cantidades que economicen el transporte. Es más fácil optimizar (en relación a los costes y al plazo medio de entrega), la carga de un vehículo que transportar pequeñas cantidades en un número de recorridos idénticos y frecuentes que el transporte ocasional de grandes cantidades.

Parece normal en la relación con los proveedores la utilización de un sistema radial en el que cada uno de ellos materialice sus entregas de forma independiente. Bajo la óptica *lean manufacturing* se intenta evitar este tipo de relación, ya que las frecuentes entregas requeridas elevarían el coste del transporte total. Es más, con la intención de asegurar la fecha de entrega se propone que sea la empresa cliente la que asuma la responsabilidad del transporte de los pedidos realizados a los proveedores.

En el caso de que los proveedores no estén situados cerca del cliente, pero se encuentren relativamente próximos entre sí, se adopta la estrategia de los

centros de recogida. De esta manera, por ejemplo, Fasa Renault, S.A. (Sevilla), acude a los centros de reagrupamiento donde una empresa de transporte recoge los artículos de diferentes proveedores para llevarlos a la factoría.



En el sistema *pull* se buscan relaciones a largo plazo entre cliente y proveedor. Así por ejemplo, en Japón a menudo se invita a los proveedores importantes a actividades de la compañía como *picnics* o fiestas. Los proveedores entregan piezas de alta calidad varias veces al día, a menudo en la misma línea de montaje del cliente, lo que evita la recepción y la inspección, se trata de un sistema casi sin papeles, basado en un espíritu de confianza mutua.

En general, las relaciones con los proveedores se pueden clasificar en tres categorías o niveles: el proveedor socio (A), el proveedor asociado (B) y el proveedor clásico (C) que es la que se establece de entrada. Las características básicas de estas tres categorías se resumen en la tabla siguiente:

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS Y CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO
Proveedor socio (A)	Cooperación en el diseño de nuevos productos y tecnologías. Inversiones conjuntas en I+D y en desarrollos tecnológicos. Intercambio constante de información concerniente a procesos y productos. Proceso conjunto de mejora continua. Proveedor integrado en el proceso logístico del cliente (sistema informático compatible, formato de documentos y datos, etc.). Proveedor involucrado en el proceso de desarrollo y planificación del producto, empezando por el concepto del producto.
Proveedor asociado (B)	Contratos y relación a largo plazo, que se revisa anualmente. Posibilidad de cambios en los precios, sobre la base de criterios acordados.

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS Y CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO
	<p>Calidad concertada, lo cual implica la responsabilidad total sobre los suministros del proveedor. Programas de mejora de la calidad.</p> <p>No hay inspecciones a la entrada.</p> <p>Entregas JIT/sincronizadas directamente a producción sin stocks.</p> <p>Reducción de los plazos de entrega y de los stocks.</p> <p>Requerimientos técnicos y tecnología definidos con el proveedor.</p>
Proveedor clásico (C)	<p>Negociaciones basadas en el precio y especificaciones cualitativas mínimas. Se trata con dos o tres proveedores a la vez, con el fin de tener fuentes alternativas y generar una competencia de precios.</p> <p>Suministros basados en pedidos particulares a corto plazo, con plazos específicos de entrega. El proveedor no tiene garantizados los pedidos futuros.</p> <p>Inspecciones regulares de suministros para la aceptación.</p> <p>Características de los productos y componentes diseñados solo por el cliente.</p>

Caso SONY³



CASO PRÁCTICO

La implicación y el compromiso con los proveedores son la base del buen funcionamiento de la planta de SONY de Viladecavalls (Barcelona), donde se mantienen operativas distintas en función del producto y de su uso para optimizar al máximo la relación con cada proveedor. Debido a que SONY representa un orgullo nacional en Japón, sus proveedores están muy predispuestos a aceptar sus condiciones y se sienten halagados de contribuir a su éxito. En la mayoría de los casos los proveedores más importantes se localizan muy cerca de SONY, lo que facilita el intercambio de información. Los tres tipos de operativas con los proveedores de SONY se establecieron en un principio, en función del tamaño de la pieza y está muy relacionada con la ubicación en el almacén donde permanecen hasta entrar al proceso productivo.

- **PIP:** Esta operativa consiste en el envío de pedidos y previsiones al proveedor y entregas de éste basadas en un calendario fijo, para cubrir un pe-

³ Este caso se ha elaborado a partir del trabajo “Estudio de la competitividad de Europa Occidental en la fabricación de productos de electrónica de consumo” realizado por Amanda Díaz Benito Casanova, (ETSEIAT, año 2006).

riodo de dos semanas. Esta operativa, basada en el concepto tradicional, se formaliza mediante un acuerdo entre el proveedor y SONY en relación a unas piezas concretas (de tamaño mediano), para las cuales el proveedor recibe semanalmente una serie de pedidos y unas previsiones a corto plazo (4 semanas) y a largo plazo (16 semanas). El proveedor entrega los pedidos semanalmente y ajusta su producción a las previsiones de SONY para asegurar la entrega de pedidos futuros.

- **JIT:** el proveedor está físicamente presente en la planta de SONY y el material se suministra directamente en la línea de producción por parte de los propios proveedores. Se utiliza para piezas grandes y el proveedor realiza varias entregas diarias, en función del ritmo de producción. El JIT supone para SONY un aumento de la calidad, un suministro a menor coste, entregas a tiempo, con una mayor seguridad tanto para el proveedor como para el cliente. No obstante, el hecho de que no existan pedidos de material entre el proveedor y SONY, y que sea el proveedor el que se encargue de organizar las entregas en función del plan de producción supone, como en el caso de la operativa ASAP, una gran responsabilidad para el proveedor y una fuerte relación de mutua confianza entre el proveedor y SONY. Los proveedores con los que se utiliza la operativa JIT son mayoritariamente proveedores locales de material de embalaje, el cual ocupa un gran espacio.
- **ASAP:** es la abreviación de “Accessible Stock of in-Advance-Shipped Parts” (stock accesible de piezas entregadas por adelantado) y se utiliza para piezas de tamaño pequeño, y en este caso SONY puede tener acuerdos con los proveedores para mantener parte de su stock en la fábrica ya que no suponen una gran carga para el almacén. El sistema ASAP es un sistema de petición de pedidos con el cual el proveedor, a su propio riesgo, guarda cierto inventario en las plantas de SONY basándose en sus propias previsiones. SONY puede usar esas piezas en cualquier momento, disponiendo de una parte de su almacén para estos proveedores, y mientras la gestión del stock será su responsabilidad hasta que las piezas no sean retiradas para ser usadas en producción, las piezas serán propiedad del proveedor.

La clave del éxito de este sistema es la confianza mutua y la fuerte relación de negocio entre el proveedor y SONY. Para poder usar esta operativa el proveedor debe tener un excelente sistema de control de la calidad y una tecnología de fabricación estandarizada. Además de las condiciones mencionadas que ha de cumplir el proveedor para poder llevar a cabo esta operativa, las piezas deben cumplir algunos requisitos:

- No requieren mucho espacio en el almacén.
- No sufren deterioro de su calidad incluso después de largos periodos de almacenaje.
- Presentan un consumo elevado o constante.

Ejemplos de piezas que cumplen los requisitos anteriores son los conectores, diodos y transistores suministrados normalmente por proveedores de carácter multinacional como Rubycon, Europe Chemicon, TDK, Texas Instruments, etc.

El sistema ASAP pretende optimizar la eficiencia de los sistemas logísticos con los proveedores, incrementar la rapidez y flexibilidad de las gestiones, además de mejorar el control del inventario que es responsabilidad del proveedor. Cuando se acuerda la operativa ASAP con el proveedor se establece un stock mínimo y máximo. El stock mínimo debe asegurar que no se detenga el proceso por la falta de piezas pero también es importante cumplir con el stock máximo, ya que el espacio del almacén es limitado y tiene un coste, SONY asigna un espacio limitado a los proveedores ASAP que no puede ser superado. Además de las condiciones del nivel de stock, el proveedor conoce los planes de producción y el plazo de entrega, de manera que con esta información define su plan de aprovisionamiento para satisfacer la demanda. Una vez el material entra en SONY, la responsabilidad del control de este stock corresponde al personal de SONY, porque el proveedor no cuenta con personal en la planta. Si el inventario teórico no cuadra con el inventario real, SONY se responsabiliza de cubrir los costes de dicha discrepancia y de investigar las causas. Si las investigaciones no aclaran la situación se toman las siguientes medidas:

- Si el inventario real sobrepasa al teórico, SONY aumentará el inventario teórico hasta alcanzar el nivel del real.
- Si el inventario real es menor que el teórico, SONY deberá pagar al proveedor esta diferencia.

SONY también tiene la obligación de realizar un inventario físico en presencia del proveedor si éste lo solicita, pero tanto los gastos de este control, como los del alquiler del espacio ocupado por el stock corren a cargo del propio proveedor. El importe de este cargo es negociado y nunca supera el 0,5% de la cifra de ventas mensuales. SONY asegura el stock a pesar de que es propiedad del proveedor. Los beneficios derivados de la operativa ASAP se exponen a continuación.

Beneficios para SONY:	Minimizar el tiempo de entrega. Reducir el riesgo de error humano en el cálculo y creación de pedidos. Mejorar la flexibilidad de los cambios tanto de ingeniería como de producción.
Beneficios para el proveedor:	Mejorar la flexibilidad de los calendarios de entrega. Reducir el coste logístico. Reducir el control manual de pedidos. Mejorar la flexibilidad de los cambios en los pedidos.

No obstante, en la planta de SONY de Viladecavalls (Barcelona) la operativa ASAP presenta algunos problemas:

- Acumulación de embalajes.
- Algunos proveedores avanzan algunas entregas aumentando el stock en momentos puntuales; por ejemplo, cambian de entregas semanales a entregas diarias, lo que provoca más gasto para el proveedor y más trabajo para el almacén.
- Se han detectado casos en los que las entregas del proveedor tienen cantidades equivocadas.
- ASAP dificulta el control para el cálculo de productos obsoletos una vez los modelos se discontinúan y las piezas ASAP ya no son necesarias para la producción.
- El stock físico aumenta.

SÍNTESIS CONCEPTUAL



RESUMEN

Se denomina *kanban* a un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas en japonés *kanban* (aunque pueden ser otro tipo de señales), que consiste en que cada proceso retira conjuntos que necesita de los procesos anteriores, y estos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica, y éstos con la línea de montaje final. Aunque se han expuesto fórmulas para calcular el número de tarjetas en circulación y el número de piezas del *kanban*, el sistema podría implantarse mediante la “prueba y el error”, ya que es susceptible de ser modificado constantemente.

La implantación del sistema *pull* mediante *kanban* genera algunas implicaciones: un sistema de aprovisionamiento y recogida mediante tren logístico, la nivelación de la producción mediante un contrato entre los departamentos de Logística y de Producción y un régimen de entregas frecuentes con los proveedores.

MÓDULO IV. HERRAMIENTAS LEAN: SMED

*No sobrevive la especie más fuerte ni la más inteligente,
sino la que se adapta mejor al cambio.*

CHARLES DARWIN

SMED: la Fórmula 1 de la Producción



Las técnicas SMED son un enfoque de mejora y como tal requiere método y constancia en el propósito. Al final nadie tendrá miedo al cambio de producto. Todo estará perfectamente programado, entrenado (sin ningún tipo de fallo), y se podrá parar en el box sin miedo a perder la carrera en el cambio de ruedas y a repostar carburante. ¿Cuánto tarda una escudería de Fórmula 1 en hacer el cambio de las cuatro ruedas e introducir 90 litros de gasolina en el depósito del coche?

OBJETIVOS DE LAS TÉCNICAS SMED



OBJETIVOS

Las técnicas SMED (*single minute exchange of die*) o cambio rápido de herramienta, tienen por objetivo la reducción del tiempo de cambio (*setup*). El tiempo de cambio se define como el tiempo entre la última pieza producida del

producto “A” y la primera pieza producida del producto “B”, que cumple con las especificaciones dadas. El logro de un menor tiempo de cambio y el correspondiente aumento de la moral permiten a los operarios afrontar retos similares en otros campos de la planta, lo cual constituye una importante ventaja de carácter secundario del SMED.

TÉCNICAS SMED: ORIGEN



ORÍGENES

La preparación rápida es una innovación aportada por los japoneses en la organización científica del trabajo. Efectivamente, el sistema SMED, según su creador Shigeo Shingo, tiene sus orígenes en ciertos trabajos que le fueron encargados, en 1950, en la fábrica Toyo Kogyo de Mazda. Sin embargo, se desarrolló completamente alrededor de los años setenta del siglo pasado cuando realizaba trabajos para Toyota y ésta adoptó, promovida por los propios operarios, el sistema SMED como uno de los pilares básicos de su modo de fabricación. Las técnicas SMED requieren un cambio de actitud, un método de mejora continua, de forma que cualquier empresa que las adopte debe realizar esfuerzos para conseguir tiempos de preparación cada vez más cortos.

DESCRIPCIÓN Y DEFINICIONES GENERALES



DEFINICIÓN

Originalmente *single minute exchange of die*, significa que el número de minutos de tiempo de preparación tiene una sola cifra, o sea, es inferior a 10 minutos. En la actualidad, en muchos casos, el tiempo de preparación se ha reducido a menos de un minuto. La necesidad de llegar a un tiempo tan corto proviene de que reduciendo los tiempos de preparación, se podría minimizar el tamaño de los lotes y por consiguiente reducir los stocks para trabajar en series muy cortas de productos. Por ejemplo, en las plantas de producción de automóviles cada vez más la fabricación de un coche corresponde al pedido que un cliente ha efectuado en algún lugar del mundo. Así, un automóvil puede ser de color granate, equipado con faros antiniebla y llantas de aleación, mientras que la unidad siguiente puede ser de color verde, sin faros antiniebla y con tapacubos en las ruedas.

La competitividad del mercado actual obliga a disponer de sistemas flexibles que permitan una adaptación a los cambios constantes, y por lo tanto cada vez tienen más importancia las pequeñas series, que además contribuyen a reducir los niveles de stocks tanto en producto acabado, como en material en curso.

La minimización de las existencias, la producción orientada a los pedidos de encargo, y una rápida adaptabilidad a las variaciones de la demanda, son las ventajas más importantes de un tiempo de preparación inferior a 10 minutos. Para conseguir esto es necesario aplicar sistemas de cambio de serie rápidos y el SMED se constituye en una herramienta muy útil. En las empresas japonesas, la reducción de tiempo de preparación no la promueve el personal de organización científica del trabajo, sino los propios operarios, reunidos en pequeños grupos de trabajo. La aplicación de esta técnica exige la consideración de tres ideas fundamentales:

- Siempre es posible reducir los tiempos de cambio de serie hasta *casi* eliminarlos completamente.
- No es solo un problema técnico, sino también de organización.
- Solo con la aplicación de un método riguroso se obtienen los máximos resultados a menor coste.

Concepto de tiempo de cambio

Existen diferentes conceptos que repercuten en el tiempo de cambio, entre ellos destacan los siguientes:

PROCEDIMIENTOS DE TIEMPO DE CAMBIO	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE CAMBIO
Cambiar utillajes y herramientas	Estos procedimientos son típicos en talleres mecánicos, donde los operarios han de fijar y retirar moldes, sierras, fresas, etc.
Cambiar parámetros estándar	Estos procedimientos se dan cuando intervienen máquinas de corte de elevada precisión o equipos de proceso químico programados, donde los operarios cambian los parámetros estándares usados en diferentes tareas de proceso.
Cambiar piezas a ensamblar u otros materiales	Cada vez que en una línea cambia el modelo de producto, recibe piezas y otros materiales que se incorporan al nuevo modelo. La preparación en estos casos incluye el cambio de utillajes.
Preparación general previa a la fabricación	Este tipo de preparación incluye una gran variedad de actividades para tener a punto el material, los útiles, las herramientas o los accesorios, por ejemplo: arreglar el equipo, ensayar el proceso y ajustar, limpieza general, asignar tareas a trabajadores, revisar planos, etc.



El tiempo de cambio debe ser conocido de tal manera que a la pregunta ¿cuánto es el tiempo necesario para llevar a cabo una operación de cambio? la respuesta nunca puede ser del estilo: depende, quizás, probablemente, al menos, no es seguro, aproximadamente, etc. Desde una óptica tradicional, si se conoce el tiempo de cambio s , se puede calcular el tiempo por unidad:

- s = tiempo de cambio que se considera constante (en el ámbito de una perspectiva clásica)
- a = tiempo para producir una unidad, pieza o artículo
- n = número de piezas

$$\text{Tiempo por unidad} = \frac{s + na}{n}$$

De este modo, por ejemplo: si s es 60 minutos, a es 1 minuto y n es 1 pieza,

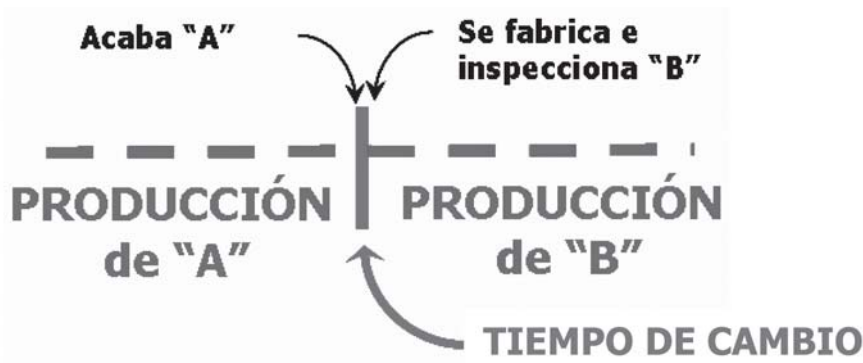
$$\text{Tiempo por unidad} = \frac{60 + (1)(1)}{1} = 61 \text{ min.}$$

o también si s (que consideramos constante) sigue siendo de 60 minutos, a es 1 minuto y ahora se incrementa n hasta las 100 piezas,

$$\text{Tiempo por unidad} = \frac{60 + (100)(1)}{100} = 1,6 \text{ min.}$$

Con el análisis tradicional se llega rápidamente a la conclusión de que cuantas más piezas se produzcan por cada tiempo de cambio, menos tiempo se necesita para fabricar cada unidad. Es obvio que a partir de las expresiones matemáticas anteriores, si se incrementa el valor de n el tiempo por unidad disminuye. Esto no es bueno porque conduce al flujo por lotes con sus despilfarros asociados: incrementos de stocks, sobreproducción, y los problemas de calidad y de proceso se hacen ocultos.

Pero para conseguir gran variedad, bajo volumen de demanda y flujo pieza a pieza deben reducirse los tiempos de cambio. Así, en el entorno del pensamiento propio de *lean manufacturing*, si s tiende a 0 (o directamente se elimina el tiempo de cambio) entonces el tiempo por unidad será a (después de simplificar el numerador y el denominador) y esto es fantástico porque permite tener un flujo unitario.

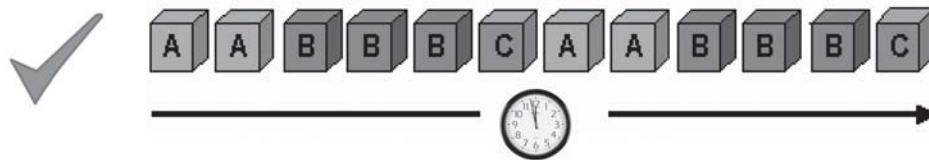


Consecuencias de tiempos de cambio largos

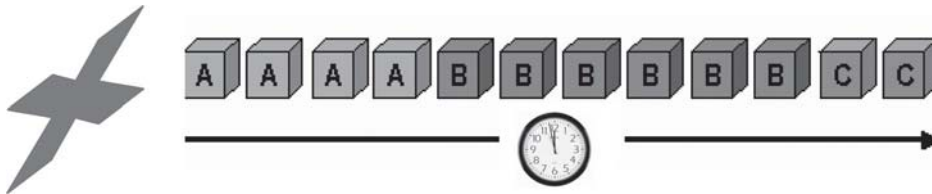
Los tiempos de cambio largos son antieconómicos porque:

- Se reduce la capacidad y la productividad de la máquina porque el tiempo requerido para realizar un cambio de serie no es productivo. Las operaciones internas requieren que la maquinaria esté parada y además durante las operaciones de ajuste los productos tienen defectos de calidad.
- Cuando los cambios de serie son costosos en cuanto al tiempo requerido y a la pérdida de capacidad, la tendencia natural es reducir su frecuencia y hacer los mínimos cambios posibles. Como consecuencia aumenta el tamaño de los lotes (solo tendrá sentido realizar la preparación cuando haya suficiente trabajo que justifique el tiempo requerido). Si aumenta el tamaño de lote también aumenta el stock medio y disminuye la rotación de existencias. El cálculo del tamaño del lote económico de compra (LEC, modelo de Harris y Wilson), determina el tamaño del lote a partir, entre otros, de un coste de lanzamiento, es decir, reducir el tamaño de lote incrementa los costes de lanzamiento. El objetivo del SMED consiste en reducir este coste de lanzamiento, de manera que si fuera nulo el tamaño del lote sería unitario.
- Producir en grandes lotes resulta contradictorio con el objetivo de pro-

ducir bajo una demanda real. Los grandes lotes impiden la producción mezclada y limitan la flexibilidad. Se entiende por producción flexible aquella que es capaz de producir una gran variedad de productos sin perder productividad. Se entiende por producción mezclada aquella que es capaz de producir unidades distintas en un mismo lote. Una mayor flexibilidad en el sistema productivo permite una mayor rapidez de respuesta al mercado y una mejor adaptación al mismo. La figura siguiente pretende comparar flexibilidad de producir en lotes grandes o pequeños respectivamente. Si el tiempo dedicado al cambio de serie es mínimo, las unidades pueden producirse en la cantidad y el modo requeridos por la demanda.



La producción en pequeños lotes genera la misma cantidad de unidades si el tiempo de cambio de serie es mínimo, y permite aumentar la flexibilidad para alcanzar la demanda real del cliente.



- Si se realizan pocos cambios de serie aumenta el riesgo de obsolescencia de los productos y se dificulta la implantación de un sistema *pull* de producción. En la medida que las unidades se producen bajo un tamaño de lote prefijado es posible que parte de la cantidad producida no sea necesaria, o incluso resulte difícil de vender.

A modo de conclusión, puede afirmarse que la mejora del tiempo invertido en los cambios de serie resulta un objetivo fundamental en la producción ajustada. Esta mejora se invertirá en aumentar la flexibilidad, es decir, en una mayor frecuencia de cambio y una reducción de stocks. No debería caerse en el error de invertir el tiempo ganado para aumentar la capacidad de producción.



IMPLANTACIÓN DE LAS TÉCNICAS SMED

MÉTODO PRÁCTICO

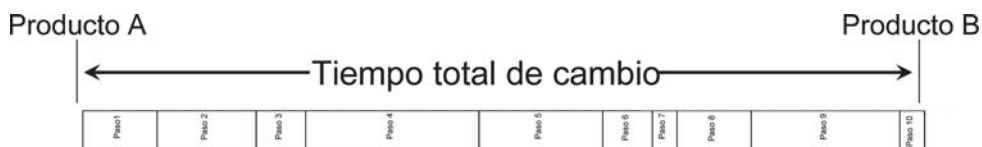
A continuación se describirán detalladamente los pasos para reducir los tiempos de fabricación y las sugerencias para perfeccionar técnicamente los tiempos de cambio.

Descripción de los pasos para reducir los tiempos de cambio

Se considera que hay cinco pasos fundamentales que ayudan a mejorar y eliminar el tiempo de cambio:

Paso 1. Identificar las operaciones en que se divide el cambio de modelo

El primer paso consiste en detallar todas las tareas de un cambio y cronometrar todas y cada una de las secuencias, apuntando el tiempo, los metros recorridos, etc. Es importante no dejarse ninguna tarea relacionada con el cambio.



Paso 2. Diferenciar las operaciones internas de las externas

Hay que identificar las tareas o actividades de preparación que se realizan en un cambio, diferenciando entre operaciones internas, operaciones que deben realizarse mientras la máquina está parada y operaciones externas con la máquina en marcha. Por ejemplo, la preparación y transporte de troqueles, matrices, útiles, herramientas y materiales hacia y desde la máquina, puede hacerse mientras la máquina está funcionando, por lo tanto, son operaciones externas.

Las operaciones internas deben limitarse a retirar el útil o herramienta anterior y fijar el nuevo, ya que es el mínimo tiempo con máquina parada. Simplemente separando y organizando las operaciones internas y externas, el tiempo de preparación interna (máquina parada), puede reducirse entre el 30 y el 50%. Muchas acciones que podrían ser realizadas como preparaciones externas (búsqueda de herramientas o la reparación del utillaje), se ejecutan, sin embargo,

con la máquina parada. Esto prolonga innecesariamente el tiempo dedicado a la preparación.

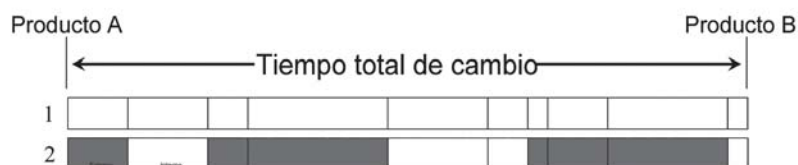


Un ascensor tiene que pararse para facilitar el cambio de los pasajeros, mientras que las cintas transportadoras de los aeropuertos y las escaleras mecánicas no han de detenerse para realizar esta operación.

Cabe señalar que es un error confundir el tiempo de operaciones internas con el tiempo completo de cambio, ya que tanto las operaciones internas como las externas forman parte de un cambio. El tiempo total de cambio viene definido por la expresión siguiente:

Tiempo de cambio = Tiempo de operaciones internas + Tiempo de operaciones externas

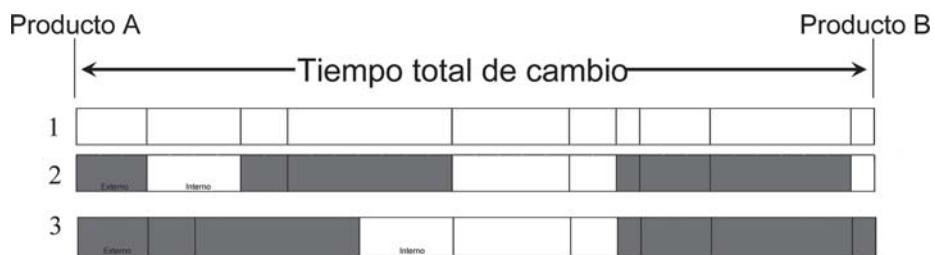
- Operación Externa (máquina en marcha)
- Operación Interna (máquina parada)



Paso 3. *Transformar las operaciones internas en externas*

La conversión de las operaciones de preparación internas en externas es quizás el principio fundamental del SMED. La separación de las operaciones de preparación internas de las externas, implica un examen minucioso de todas las actividades para ver si hay algunos pasos que se han asumido erróneamente como internos, mientras hay posibilidades de convertir estos pasos en externos. Por ejemplo, el transporte de la matriz desde un almacén hasta una prensa es, en general, una operación externa, mientras que la operación de desmontar dicha matriz es una operación interna.

El hecho de disponer de todo lo necesario en las proximidades de la máquina elimina el despilfarro derivado de la búsqueda de herramientas, útiles, materiales, plantillas, etc. Se trata de investigar e implementar métodos eficientes para transportar útiles y otros elementos, mientras la máquina está en marcha. Puede ser útil, la utilización de un *check-list* para verificar que todo sea correcto antes de parar la máquina y empezar los cambios internos. Cuando todo lo que tiene que estar preparado esté realmente preparado, se puede parar la máquina.



Paso 4. Reducir las operaciones internas

La reducción de las operaciones internas se consigue mediante las siguientes acciones:

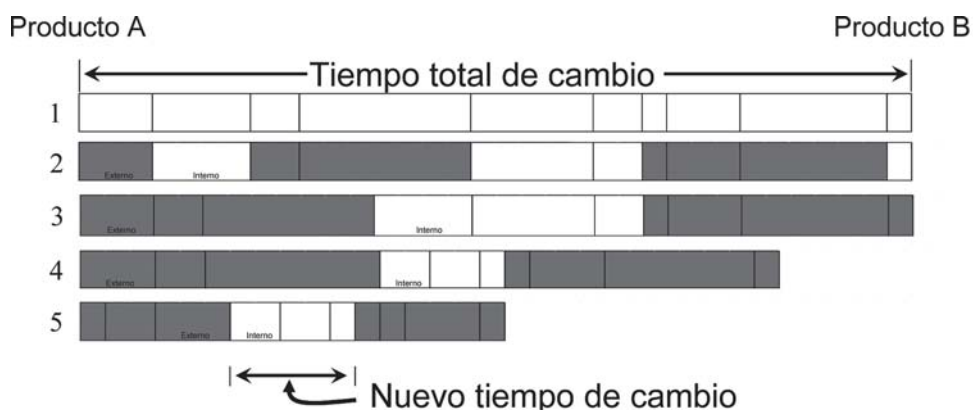
- Utilizar cambios rápidos para los componentes y soportes.
- Eliminar herramientas utilizadas (destornilladores, llaves Allen, etc.).
- Utilizar códigos de colores (para facilitar la gestión visual).
- Establecer posiciones prefijadas de utillajes a la hora de cambiar (guías, topes, paros, etc.).



Paso 5. Reducir las operaciones externas

Las operaciones externas se reducen de la misma manera que se hace con las operaciones internas, integrando los movimientos de los operarios, teniendo

los estándares de línea actualizados y validados y estando todos los operarios formados adecuadamente.



Perfeccionar los aspectos técnicos de las preparaciones

El perfeccionamiento de aspectos técnicos de las preparaciones se puede alcanzar mediante mejoras de ingeniería, operaciones paralelas y eliminando ajustes.

Mejoras de ingeniería

- Utilizar mordazas funcionales o eliminar cierres completamente. Apretar tornillos no es la única manera de asegurar elementos, ni se puede asumir que un cierre es siempre necesario. Los métodos de un solo golpe utilizando cuñas, topes, grapas o resortes reducen los tiempos de preparación considerablemente, como lo hacen las mejoras en el trabado de partes que simplemente ajustan y unen dos partes.
- Diseñar técnicamente utillajes específicos e incorporar sujeciones rápidas y fáciles.

Operaciones paralelas

Adoptar modos o métodos para la realización de operaciones paralelas en las máquinas. Las tareas sobre máquinas de moldear plásticos o de fundición a presión y las grandes prensas, generan actividades de preparación en ambos lados o en la parte frontal y trasera de la máquina. Si solamente un operario realiza estas operaciones, se despilfarra mucho tiempo y movimientos, conforme se traslada de un lado a otro o del frente a la parte trasera y alrededor de la máquina. Pero cuando dos personas realizan simultáneamente operaciones paralelas, el tiempo

de preparación usualmente se reduce en más de la mitad, debido a las economías de movimiento. Por ejemplo, una operación que precise 30 minutos para completarse por parte de un solo trabajador, puede precisarse solamente diez si se realiza conjuntamente por parte de dos operarios.

Cuando se emplean tales operaciones paralelas, las horas-hombre de preparación son las mismas o menores que si se hiciese con un solo trabajador, pero la tasa de operación de la máquina se incrementa. El método es rechazado a menudo, por directivos que creen que no pueden disponer de otro trabajador para ayudar en las tareas de preparación. Sin embargo, cuando la preparación se ha reducido a nueve minutos o menos, todo lo que se requiere es tres minutos de ayuda; y con estas preparaciones simplificadas, incluso los trabajadores no entrenados pueden proveer la asistencia necesaria con efectividad.

Eliminar ajustes

Los ajustes aumentan el tiempo de cambio, el riesgo de problemas de calidad y la probabilidad de residuos. En general, se considera que los ajustes y las operaciones de ensayo consumen entre el 50 y el 70% del tiempo interno de preparación, en consecuencia, su eliminación produce enormes ahorros de tiempo. En relación a los ajustes, nunca se debe confiar en la intuición y siempre se debe confiar en disponer de valores fijos, ajustes fijos y posiciones fijas.

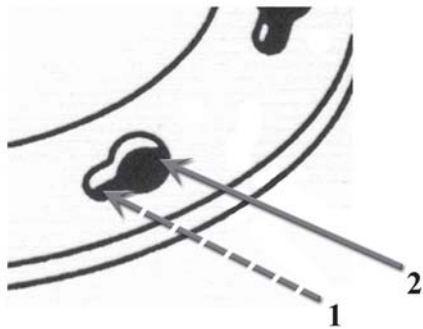
Los ajustes son progresivamente más pequeños conforme el montaje es más preciso. El primer paso consiste en hacer calibraciones, y en muchos casos si solo se requiere una aproximación, una escala graduada ya puede ser suficiente, aunque como es sabido, se obtiene una precisión mayor utilizando un indicador de dial, una escala magnética o un mecanismo de control numérico.

Algunas ideas para la reducción de los tiempos de cambio

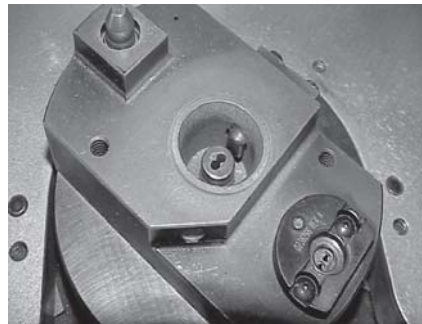
A continuación se presentan algunas ideas para la mejora de operaciones de preparación:

- Considerar la eliminación de los ajustes y simplificar los métodos de fijación, por ejemplo, se pueden detectar un número innecesario de operaciones de roscado y desenroscado de tornillos. El objetivo es eliminar tantas operaciones de ajuste como sea posible, para reducir el tiempo consumido en la preparación de máquinas.

Yasuhiro Monden (1988) en la página 92 del libro *El Sistema de producción de Toyota*, propone como ejemplo de sujeción rápida la utilización de orificios en

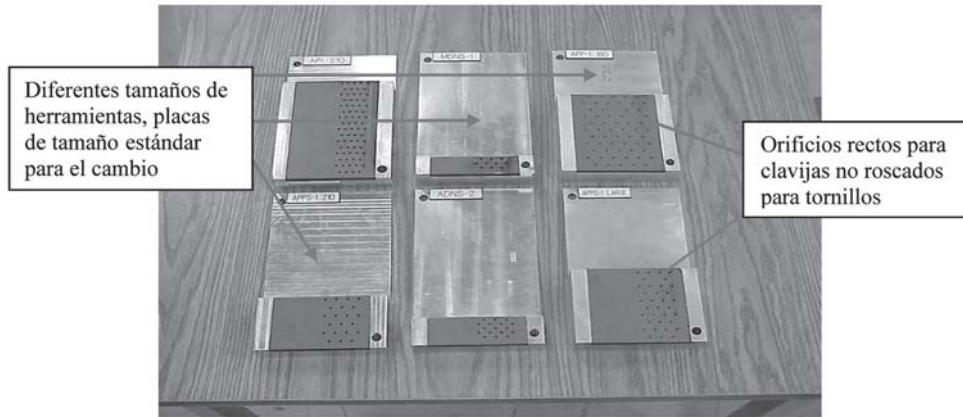


forma de pera para situar un tornillo en una determinada posición (1). Este diseño facilita y agiliza la colocación de tornillos, ya que se dispone de un diámetro mayor (2), de la misma manera que sería más fácil jugar al golf con hoyos de diámetros enormes. En las imágenes siguientes se presenta un diseño que reduce el tiempo de anclaje y que además es un *poka yoke*.

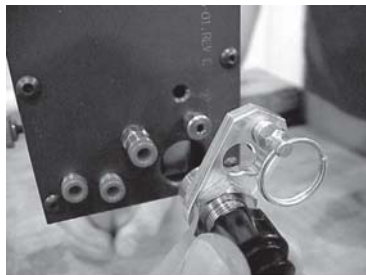


- Eliminar las preparaciones totalmente, por ejemplo, mediante el diseño de piezas estándar adaptables, eliminando la producción de piezas diferentes para los distintos modelos de la gama. También es posible producir piezas distintas simultáneamente, incluyéndolas a la vez en el mismo molde o produciéndolas en dos máquinas diferentes, cada una preparada solo para la pieza en cuestión.
- Mecanizar algunos procesos de preparación, sobre todo aquellos que requieren el movimiento de utillajes pesados utilizando carros con ruedas.
- Desarrollar máquinas más especializadas y evitar la eliminación de máquinas viejas antes de saber si son utilizables para la producción de un único producto con un reglaje invariante.
- Estandarizar la operación de preparación cuando esto sea rentable, porque el objetivo es encontrar un proceso sin desviación respecto de los parámetros estándar, para facilitar la introducción de posibles mejoras. En este sentido:
 - No hay que realizar grandes inversiones, ya que para establecer mejoras hay que usar el ingenio. A veces pequeñas máquinas, como por ejemplo los destornilladores eléctricos resultan muy útiles.

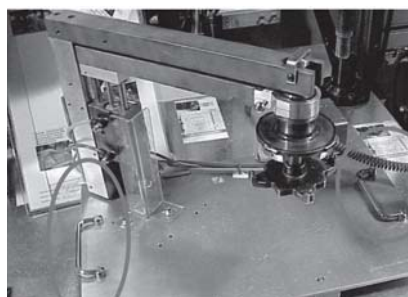
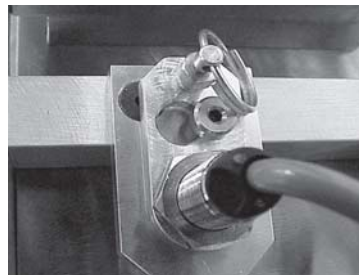
— No se puede perder tiempo en la implantación de las ideas de mejora.



Introducción de soluciones de ingeniería para reducir el tiempo de cambio: posiciones empernadas, tiradores para retirar o extraer las placas, utilización de herramientas mecánicas.



Utilización de posiciones empernadas.



Tiradores que facilitan la extracción de la placa.



Herramienta mecánica para comprobar las tapas de unos tanques de acero.

- Desarrollar un entrenamiento adicional para potenciar las habilidades especiales en la preparación. En el SMED se trata de conseguir hacer la operación en el menor tiempo posible, como lo haría un equipo de Fórmula 1, sin margen de error, rápido y perfecto. Para conseguirlo hay que entrenar mucho y preparar el camino adecuadamente, con el objetivo de evitar los problemas provocados por:
 - Las variaciones en la secuencia del cambio de útiles o métodos, dependiente de los trabajadores implicados o del “humor” especial del día, o quizás la poca destreza en la colocación de utillajes, plantillas y herramientas.
 - El hecho de que solamente un operario conoce la manera de realizar operaciones delicadas de ajuste. A veces se acepta como natural e inevitable, la necesidad de disponer de “un experto” para un determinado ajuste. En estas situaciones nadie ha sido capaz de pensar que los ajustes pueden eliminarse siguiendo estrictamente los estándares de las operaciones de cambio de utillajes.
 - La necesidad de numerosas operaciones de test después del cambio de utillajes.

Hoja de control para una auditoría SMED

Para el control de la implantación a lo largo del tiempo se propone la utilización de un *Test de Chequeo* que se adjunta a continuación.

TEST DE CHEQUEO		Máquina :		Responsable/fecha:			
CHEQUEO DE LA PREPARACIÓN		Proceso:					
Nº	FACTOR DE CHEQUEO	1/01	1/02	1/03	1/04	1/05	1/06
1	¿Son fáciles de alcanzar las plantillas y herramientas durante el cambio de utillajes?	S	S				
2	¿Se colocan las plantillas y herramientas de acuerdo con el orden de uso durante el cambio de utillajes?	S	S				
3	Si se utilizan carros de transporte para el transporte de herramientas y utillaje ¿están ordenados?	S	GS				

Nº	FACTOR DE CHEQUEO	1/01	1/02	1/03	1/04	1/05	1/06
4	¿Se guardan los utillajes, plantillas y herramientas de forma ordenada y en un lugar preciso?	S	S				
5	¿Tiene el manual de operaciones de cambio de utillajes instrucciones para cada máquina?	S	S				
6	Los operarios ¿efectúan los cambios de acuerdo con los manuales?	N	N				
7	¿Se han establecido estándares de calidad para cada modelo?	S	S				
8	¿Hay muestras libres de defectos de cada modelo en un lugar visible como referencia?	S	S				
9	¿Están los instrumentos de medida que se necesitan guardados cerca de la máquina que los requiere?	S	S				
10	¿Se mantienen ordenados los instrumentos de medición?	S	S				
11	¿Está claro dónde están las herramientas y otros elementos reemplazables antes del cambio de utillajes?	GS	S				
12	¿Está claro dónde tienen que volver las herramientas y otros elementos reemplazables después del cambio de utillajes?	S	S				
13	¿Está cerca de la máquina la próxima pieza que va a ser procesada?	GS	GS				

S: Puede hacerse siempre bien (o “Sí”)

GS: Puede hacerse, pero no siempre bien (o “generalmente bien”)

N: No puede hacerse (o “No”)

SÍNTESIS CONCEPTUAL



RESUMEN

Las técnicas de reducción del tiempo de cambio pueden definitivamente aplicarse en cualquier empresa para reducir el plazo de fabricación. La reduc-

ción del tiempo de cambio es una de las formas más sencillas de introducir el concepto de *lean manufacturing* en una planta industrial y cuyas reglas básicas son:

- El cambio de utillajes empieza y termina con las 5S.
- Debe cambiarse a externa toda la preparación interna posible, para pasar a mejorar la preparación interna remanente.
- Si se tienen que usar las manos, no se tienen que mover los pies.
- No se puede confiar en las habilidades especiales de un “experto” de ajuste fino.
- Los estándares son estándares, y hay que respetarlos.
- La meta es la estandarización de todas las operaciones de cambio de útiles. A estos efectos debe organizarse una cooperación estrecha entre los servicios de diseño de nuevos productos y la fabricación.

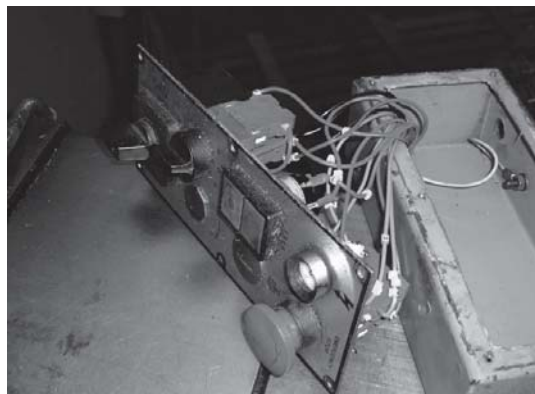
Los beneficios de la aplicación de las técnicas SMED se manifestarán en que el equipo puede responder rápidamente a los cambios en la demanda (mayor flexibilidad de la línea), ya que se reduce el tiempo de fabricación y además permite alcanzar una capacidad de producción mayor y a su vez reducir el stock y los errores mediante unos cambios son más seguros.

Al final conviene formularse la siguiente pregunta: ¿Está la empresa y el equipo de personas que lo componen, preparado para ganar una carrera de Fórmula 1? Como todos los métodos de mejora, requiere método y constancia en el propósito, de manera que al final nadie tendrá miedo al cambio de producto.

MÓDULO V. HERRAMIENTAS LEAN: TPM

*Un optimista ve la oportunidad
en cualquier calamidad,
un pesimista ve una calamidad
en cualquier oportunidad.*
WINSTON CHURCHILL

TPM: Mantenimiento Productivo Total



La productividad de una planta industrial está directamente ligada al correcto funcionamiento de las máquinas. Obviamente, si una línea se para por un fallo de una de sus máquinas, la productividad disminuirá. Un análisis detallado de la instalación permite la medida de la importancia relativa de cada uno de los factores que pueden provocar averías, y la puesta en marcha de un plan de eliminación de los mismos, para mantener equipos e instalaciones a un nivel óptimo. A partir de este instante se establece cuál es el mantenimiento productivo que se debe aplicar, formando a los operarios de la línea para garantizar la continuidad del sistema.

OBJETIVOS DE LAS TÉCNICAS TPM



OBJETIVOS

El objetivo del TPM (mantenimiento productivo total) es asegurar que el equipo de fabricación se encuentre en perfectas condiciones y que continua-

mente produzca componentes de acuerdo con los estándares de calidad en un tiempo de ciclo adecuado. La idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios. El *lean manufacturing* exige que cada máquina esté lista para empezar a trabajar en cualquier momento en respuesta a los requerimientos de los clientes. Conforme se aproxima al ideal de la producción sin stocks, se intenta asegurar que el equipo sea altamente fiable desde el arranque hasta la parada y con un funcionamiento perfecto y sin averías.



Desde una perspectiva estratégica, los objetivos más destacados del TPM son los siguientes:

- Implicar en la implantación del TPM a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos (ingeniería y diseño, producción expedición y mantenimiento).
- Promover el TPM mediante actividades autónomas en pequeños grupos, fortaleciendo el trabajo en equipo, el incremento de la moral del trabajador y la creación de un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, con el fin de conseguir un entorno creativo de trabajo, seguro y agradable.
- Construir en la empresa capacidades competitivas sostenibles en el tiempo gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, la flexibilidad y la reducción de los costes operativos.

Desde una perspectiva operativa, los objetivos del TPM son:

- Maximizar la eficacia del equipo y de las instalaciones, eliminando o reduciendo los tiempos muertos debidos a averías, preparaciones y ajustes.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento idóneo para toda la vida útil del equipo de producción, que incluya la implicación activa y la participación de todas las personas (diseñadores, montadores, usuarios, etc.) para conseguir una mayor disponibilidad de las instalaciones.
- Mejorar la fiabilidad de máquinas, instalaciones y equipos industriales.

TÉCNICAS TPM: ORIGEN



ORÍGENES

El TPM nació en el seno de una importante empresa proveedora del sector del automóvil denominada Nipon Denso Co., Ltd. Esta compañía introdujo esta visión del mantenimiento en 1961, logrando grandes resultados con su modelo a partir de 1969, cuando implantó sistemas automatizados de transferencia rápida, los cuales requerían de una alta fiabilidad. El nombre inicial fue “*Total Member Participation*” abreviado (TMP), que muestra el verdadero sentido del TPM, esto es, participación de todas las personas en el mantenimiento preventivo, realizando acciones de mejora de equipos en todo el ciclo de vida: diseño, construcción y puesta en marcha de los equipos. El TPM ha progresado significativamente, beneficiándose del desarrollo de los modelos emergentes de dirección, las tecnologías de telecomunicación, así como las de mantenimiento, por ejemplo con el estudio automático de averías.

TIPOS DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL



DEFINICIÓN

Existen diferentes tipos de mantenimientos que se pueden aplicar en un entorno industrial y que repercuten en la disposición de una maquinaria en buen estado. A continuación se describen estos tipos de mantenimiento.

Mantenimiento planificado

El mantenimiento rutinario y periódico, basado en valoraciones correctas de las condiciones del equipo, debe ser planificado en función de las prioridades y los recursos actuales y futuros. El mantenimiento planificado eficiente y efectivo en cuanto al coste, requiere la estrecha colaboración de todos los departamentos implicados. Las actividades de mantenimiento planificado las realizan técnicos especialistas y están orientadas a corregir, prevenir y predecir averías.

Dichas actividades necesitan datos de la eficiencia de los equipos, estadísticas de averías e información de los operarios y directores de producción para:

- Coordinar las actividades con el departamento de Producción, para evitar el solapamiento con las actividades de mantenimiento autónomo, mediante la creación de un plan.
- Desarrollar una gestión de inventario de recambios, herramientas y dispositivos de inspección.
- Planificar y realizar reuniones con el departamento de Producción para coordinar las paradas de las líneas y las tareas de mantenimiento.

La documentación de los resultados de mantenimiento constituye un elemento acreditativo de la calidad de éste. Los informes de mantenimiento registran las reparaciones y servicios realizados para restablecer las condiciones de funcionamiento normales del equipo. En estos informes, el personal de mantenimiento, registra las reparaciones de averías y los trabajos especificados en la planificación establecida.

A lo largo de la vida útil del equipo (que acaba con su desmantelamiento), se mantienen cuadernos de registro, que ofrecen información desde el momento de la compra e instalación análogos al historial clínico que utilizan los médicos. Un cuaderno completo incluye, para cada elemento: fechas, ubicación, detalles y costes de todas las reparaciones más importantes (mano de obra, subcontrataciones, recambios, etc.), mantenimiento periódico, mejoras de la mantenibilidad, así como nombres, modelos, tamaños, números y fabricantes de piezas de repuesto. Además, esta información es útil para el control presupuestario.

Sin embargo, el trabajo rutinario de mantenimiento es tan variado que resulta difícil disponer de registros de todas las tareas realizadas. Además, esta documentación exhaustiva puede resultar innecesaria, por esto no hay un formato estándar para los registros de mantenimiento; los tipos y el contenido deben disponerse de forma que se ajusten a los parámetros de gestión de cada fábrica particular. Sin embargo, todos deben entender cuál es el propósito de la existencia de los registros, es decir, por qué se confeccionan, qué es lo que controlan y cómo deben utilizarse.

Mantenimiento preventivo

La finalidad del mantenimiento preventivo es la reducción del número de paradas derivadas de averías imprevistas. En su planteamiento tradicional, el mantenimiento preventivo se basa en paradas programadas para realizar una inspección detallada y para sustituir las piezas desgastadas. El inconveniente de

este mantenimiento, además de parar la producción, es que el trabajo de inspección puede causar desajustes, desequilibrios, o incluso averías.

La elección del intervalo entre paros programados es complicada, porque si el intervalo es muy corto, el tiempo de producción disminuye y si es muy grande el número de paros por averías aumenta. Los fabricantes especifican la vida de los componentes; esto puede ayudar a escoger la frecuencia de la parada. En la práctica, el intervalo entre paros no es fijo, sino que viene determinado por el análisis del rendimiento de las máquinas críticas en el pasado.

A pesar de los inconvenientes citados, el mantenimiento preventivo es utilizado frecuentemente. Por ejemplo, en las fábricas de cristal se realizan paros en los hornos para cambiar los elementos refractarios, lo cual implica la paralización absoluta de la producción.

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo consiste en la detección y diagnóstico de averías antes de que éstas se produzcan, con el fin de programar paradas para reparaciones en los momentos oportunos. En otras palabras, sirve para diagnosticar las condiciones del equipo cuando está en marcha y determinar cuándo requiere mantenimiento, basándose en que normalmente las averías no se producen de golpe, sino que suelen avisar mediante una cierta evolución. Los objetivos principales del mantenimiento predictivo son:

- Reducir averías y accidentes que causan los equipos.
- Reducir los tiempos y costes de mantenimiento.
- Incrementar los tiempos operativos y la producción.
- Mejorar la calidad de los productos y servicios.

Cuando las reparaciones pueden ser caras o las averías ocasionan pérdidas importantes las empresas pasan del mantenimiento periódico al predictivo. La tecnología de diagnóstico de máquinas mide la fatiga del equipo, su deterioro, la resistencia, el rendimiento y otras propiedades, sin tener que recurrir al desmantelamiento. Se basa en la identificación de las condiciones actuales y permite monitorizar el cambio continuo, con una exactitud y precisión mayor que a través del mantenimiento periódico, las revisiones generales, las inspecciones visuales o las estadísticas.

La aplicación del mantenimiento predictivo se limita a los tipos de averías en los que se pueden detectar cambios en los parámetros previamente fijados. No es válido cuando no existen medios para detectar con antelación los defectos de funcionamiento, ni cuando el coste de supervisión es más elevado que el

ahorro en gastos de reparaciones y pérdidas de producción. La monitorización de condiciones consiste en la aplicación de las tecnologías de diagnóstico de máquinas, algunas de las cuales se presentan a continuación.

TÉCNICA	DESCRIPCIÓN
Métodos térmicos	Incluyen la utilización de pintura térmica, cuya finalidad es hacer visible el sobrecalentamiento de los motores así como la termografía para la verificación de la temperatura de los hornos y las condiciones de los armarios y conducciones eléctricos.
Monitorización de lubricantes	Estos métodos cubren un amplio rango de sofisticación desde la monitorización del color, oxidación y contenido de partículas de metal del lubricante hasta el análisis espectroquímico.
Detección de fugas	Las fugas que provienen de los recipientes de presión se detectan utilizando ultrasonidos o gases halógenos.
Detección de grietas	Las grietas se detectan utilizando fluido magnético, resistencia eléctrica, corrientes inducidas, ondas de ultrasonido o radiación.
Monitorización de vibraciones	Se utilizan impulsos de choque y otros métodos, principalmente en máquinas con piezas móviles.
Monitorización de corrosión	Se utiliza la emisión acústica y otros métodos para monitorizar el estado de las partes metálicas.
Monitorización de ruidos	Diferentes tipos de mecanismos monitorizan el estado de los equipos a través del ruido que generan.

En la práctica, el usuario se decide por una determinada tecnología en función de los costes y los beneficios que aporta. Los elementos básicos que componen la mayoría de sistemas de monitorización permanente son: los transductores (son los encargados de captar la señal de un parámetro físico), el monitor de vibraciones (es el responsable de procesar la señal eléctrica y realizar las medidas configuradas previamente) y un ordenador (donde se halla instalado el *software* de aplicación). La utilización adecuada de la monitorización permite centrarse en aquellos equipos o máquinas que necesitan preparación, conociendo con antelación qué componentes tienen que ser reemplazados o equilibrados. Esto implica, además de una reducción de costes, las siguientes ventajas:

- Diseño de una planta de mayor calidad.
- Reducción del mantenimiento programado.
- Reducción de averías inducidas por mantenimiento.

- Reducción de los stocks de piezas de recambio.
- Reducción de la duración de los paros programados, lo cual puede incidir en una mejora de las relaciones con el cliente, al evitar retrasos en las entregas por averías imprevistas.
- Reducción del número de accidentes laborales.
- Prolongación la vida de los equipos.
- Detección de problemas de diseño residuales en plantas de reciente creación, cuando el fallo es aún pequeño, lo que proporciona datos sobre posibles mejoras en el diseño.

Después de definir tres maneras distintas de enfocar el mantenimiento de la maquinaria, cabe preguntar por qué introducir una nueva forma de mantenimiento, en este caso el TPM. Tal como se ha dicho en apartados anteriores, el TPM es un conjunto de técnicas orientadas a realizar un mantenimiento preventivo de los equipos, por parte de todos los empleados, para minimizar los tiempos de parada por avería y obtener una mayor eficiencia. La diferencia radica en este aspecto, justamente en el hecho de que se involucre al personal de producción. Esto es así porque las personas dotadas con más capacidad para percibir las anomalías de los equipos son los operarios que trabajan a su lado, por lo tanto la mejor manera de evitar las averías y aumentar la eficiencia es formar a estas personas en el mantenimiento y las reparaciones básicas de la máquina.

DESCRIPCIÓN Y DEFINICIONES GENERALES



DEFINICIÓN

Es obvio que el TPM es un sistema de gestión del mantenimiento industrial que busca que éste sea una fuente de mejora, e induce a la preocupación por facilitar dicho mantenimiento de los equipos existentes ya en la fase de diseño. El TPM asume el difícil reto de trabajar hacia el “0 fallos, 0 averías, 0 incidencias, 0 defectos”.

Razones para implantar el TPM

En una empresa existen varias razones para implantar el TPM:

- El aumento de la competencia en los mercados, así como el incremento de las exigencias de los clientes en precio, calidad, plazo de entrega y competencia tecnológica.
- El deterioro de los antiguos equipos y sofisticación de los nuevos.

- La profesionalización cada vez más acusada de los operarios.
- El incremento de la seguridad laboral, reducción de riesgos laborales, polución y contaminación, en relación a puestos de trabajo más ergonómicos, ordenados y limpios.
- La reducción de los periodos de amortización de las inversiones (*pay back*) y la búsqueda constante del incremento de la rentabilidad de los procesos a corto plazo.
- Evitar, reducir o paliar los efectos de las seis grandes pérdidas:

1. Pérdidas por averías

Las averías causan dos tipos de pérdidas: pérdidas de tiempo, cuando se reduce la productividad, y pérdidas de cantidad, causadas por productos defectuosos. Las *averías esporádicas* son fallos repentinos o inesperados del equipo, en general, fáciles de reparar. Dado que les corresponde un alto porcentaje de las pérdidas totales, el personal de fábrica invierte mucho tiempo y esfuerzo en tratar de evitarlas, aunque son difíciles de eliminar.

Por otra parte, las averías crónicas son más difíciles de corregir que las esporádicas, y a pesar de ello a menudo son ignoradas después de repetidos intentos fallidos de remediarlas. Normalmente se estudia la manera de aumentar la fiabilidad del equipo, con el objetivo de encontrar fórmulas para minimizar el tiempo necesario para corregir los problemas cuando surgen. Sin embargo, para maximizar la eficacia del equipo, todas las averías deben reducirse a cero. Aunque esto es muy difícil de conseguir sin realizar un gran esfuerzo o inversión, hay que cambiar la filosofía tradicional, que consideraba las averías como prácticamente inevitables.

2. Pérdidas por preparaciones y ajustes

Cuando finaliza la producción de un producto y el equipo se ajusta para atender los requerimientos de otro nuevo, se incurre en pérdidas durante la preparación y el ajuste dado que aparecen tiempos muertos e incluso productos defectuosos como consecuencia del cambio. Para reducir esta pérdida existen sistemas de cambio rápido, entre los cuales destaca el SMED, tal como se ha visto en un apartado anterior.

3. Pérdidas por paradas menores y tiempos muertos

Se produce una parada menor cuando la producción se interrumpe como consecuencia de una anomalía temporal o cuando una máquina está inactiva,

por ejemplo, en el caso de una línea de envasado, cuando los sensores detectan envases colocados al revés. Las paradas temporales difieren de las averías, porque la situación normal se restituye simplemente invirtiendo los envases. Estos pequeños problemas perjudican la eficacia de las instalaciones y son típicos cuando están implicados robots, sistemas automatizados, cintas transportadoras, etc. En general, las paradas menores y la inactividad se remedian fácilmente y se pasan por alto porque son de difícil cuantificación.

4. Pérdidas por microparos o velocidad reducida

Las pérdidas por microparos o velocidad reducida, se refieren a la diferencia entre la velocidad diseñada de funcionamiento y la velocidad operativa real. Dicha diferencia puede ser debida a problemas mecánicos, el miedo de la sobreutilización del equipo, etc.

5. Pérdidas por defectos de calidad y repetición de trabajos

Detrás de un problema de calidad se pueden ocultar causas diversas relacionadas con los materiales utilizados, el método de trabajo utilizado, la atención de los operarios, etc., pero también puede atribuirse a una disfunción o desgaste del equipo de producción.

Lógicamente, los defectos de calidad en los procesos y la repetición de trabajos como consecuencia del mal funcionamiento del equipo de producción generan pérdidas que incluyen el tiempo derrochado fabricando artículos defectuosos, de calidad inferior a la exigida y las pérdidas de los productos irrecuperables.

6. Pérdidas por puesta en marcha

Las pérdidas de puesta en marcha se producen desde el momento del arranque hasta la estabilización y dependen del nivel de mantenimiento del equipo, de las plantillas o matrices utilizadas, la capacidad técnica del operario, etc. Este tipo de pérdidas están latentes y la posibilidad de eliminarlas se ve a menudo obstaculizada por una falta de sentido crítico que las acepta como inevitables.

Consecuencias del TPM en la fábrica

Una consecuencia importante de la implantación del TPM en la fábrica es que los operarios toman conciencia de la necesidad de responsabilizarse del mantenimiento básico de sus equipos, con el fin de conservarlos en buen estado

de funcionamiento y además realizan un control permanente para detectar anomalías antes de que causen averías.

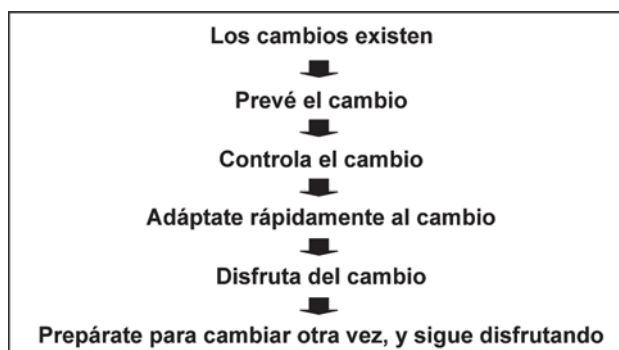
Si después de esta constatación los operarios se consideran capacitados para realizar los trabajos correctivos necesarios, actuarán en consecuencia. En caso de que el problema no pueda ser resuelto por ellos mismos, avisarán a los técnicos especialistas para que tomen las medidas oportunas, prestando su colaboración. El TPM se fundamenta en las siguientes bases: control de las condiciones de uso, formación técnica, reparación del deterioro, mantenimiento de la calidad y mejora del diseño (proyecto).

En la organización productiva clásica, y en lo que hace referencia al mantenimiento, se estableció el binomio “unos producen y otros reparan”, que debe tender a la siguiente matización de cara al futuro: “unos producen y otros reparan lo que los que producen no pueden reparar”.

En la implantación del TPM en una planta se pasa de una situación con un servicio de mantenimiento a otra donde el propio responsable de la máquina es capaz de realizar las operaciones básicas, como por ejemplo: limpieza, lubricación, sujeción de tornillos, etc. En la producción clásica unos producen (cuando la máquina está en marcha) y otros reparan (cuando la máquina está parada como consecuencia de una avería), mientras que en la producción *lean* unos producen y otros reparan aquello que los que producen no pueden reparar. Como puede suponerse el objetivo final es tener 0 averías, 0 fallos, 0 incidentes y 0 defectos.

El respeto de las condiciones operativas, la restauración rápida de pequeños deterioros, la mejora de la concienciación y de las destrezas técnicas de conocimiento de los equipos, potencian la motivación de los operarios para conseguir incrementar su participación en la gestión del mantenimiento. El mantenimiento de estas condiciones básicas evita el deterioro del equipo y contribuye a eliminar causas potenciales de averías.

La responsabilidad del departamento de Mantenimiento abarca el mantenimiento periódico, el predictivo, la verificación del deterioro y la reparación de averías. En el caso de las averías, deberá intentar que las pérdidas se limiten a los costes de la reparación, para que estas pérdidas no se amplíen a pérdidas de producción



y/o de otro tipo. Hay que instruir al personal de producción para realizar reparaciones menores durante las inspecciones diarias y, si la avería lo requiere, es cuando se emplaza rápidamente al personal de mantenimiento.

Otras actividades son la formación y la orientación a los operarios por parte de los mecánicos, que asumirán el rol de formadores en relación a los procedimientos a seguir, la investigación y el desarrollo de tecnologías de mantenimiento, la fijación de estándares, la creación de registros, la evaluación de los resultados del trabajo y la cooperación con los departamentos de Ingeniería y Diseño de equipos.

Pasos para la implantación del TPM

El paso previo a la implantación del TPM en una planta es la creación de un ambiente adecuado para ello; en Japón esto supone alcanzar tres objetivos denominados 3Y, según la fonética nipona: *yakuki*, *yaruude*, *yoruba*.

- *Yakuki*: motivación o cambio de actitud de las personas involucradas en el proyecto.
- *Yaruude*: competencia, habilidad o destreza para desarrollar las tareas asignadas.
- *Yoruba*: entorno de trabajo propicio y en ningún caso hostil.



MÉTODO PRÁCTICO

El TPM se basa en dos pilares, que a su vez se dividen en cuatro pasos a seguir, según la tabla siguiente:

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	PROCESO FIABLE
<ul style="list-style-type: none"> • Volver a situar la línea en su estado inicial. • Eliminar la suciedad y las zonas de difícil acceso. • Aprender a inspeccionar el equipo. • Mejora continua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantación de un buen indicador (OEE). • Aplicar PDCA para eliminar los desajustes. • Mejorar el nivel de OEE. • Mantener el nivel de OEE.

Paso 1. Volver a situar la línea en su estado inicial

Volver a situar la línea en su estado inicial quiere decir dejar la línea en las condiciones en las que nos la entregó el proveedor la primera vez de su

puesta en marcha, es decir, una línea limpia, sin manchas de aceite, grasa, polvo, etc.

La razón que justifica el hecho de limpiar una línea de producción es simplemente porque si las máquinas, utillajes y demás elementos que la conforman, se encuentran limpias y en buen estado, es mucho más fácil distinguir las posibles anomalías, ya que se hace visible el goteo de aceite de un motor, el exceso de rebaba al remachar una pieza, etc., cosa que con unas estaciones de trabajos sucias y deterioradas no se podría observar hasta el día en que se produjera la avería de la máquina. Además, los operarios pueden mostrar alguna resistencia psicológica a inspeccionar cuidadosamente un equipo sucio.

Con la limpieza se elimina el polvo y la contaminación de todo tipo, que favorecen el rozamiento, las obstrucciones, las fugas, los defectos eléctricos, el funcionamiento defectuoso, y contribuyen a disminuir la precisión en las partes móviles. El estado de limpieza no es algo superficial, ya que incluye una inspección a fondo de cada rincón y componente del equipo, para descubrir defectos ocultos como abrasiones, tornillos y tuercas sueltos, arañazos, deformaciones, fugas, exceso de calor, vibraciones, ruidos anormales, etc. De hecho, si la limpieza no se realiza de esta manera pierde todo su significado.

Paso 2. Eliminar las fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso

Las fuentes de suciedad (fugas de aire o de aceite, caídas de componentes, virutas de metal, etc.), hay que considerarlas como causas de mal funcionamiento de los equipos, aunque está claro que unas repercutirán más que otras en el rendimiento de las instalaciones. Por ejemplo la caída de piezas en el suelo de forma reiterada no influye en el mal funcionamiento de la máquina, aunque sí repercutirá en una pérdida de tiempo de operación o en un entorno de línea sucio.

Para eliminar las fuentes de suciedad, se puede aplicar la técnica de *los cinco ¿por qué?* Como su nombre indica, se trata de preguntarse consecutivamente cinco veces ¿por qué? Se supone, por ejemplo, que se ha parado una máquina (ha dejado de funcionar), una posible aplicación del método de los *cinco ¿por qué?* tendría la siguiente utilidad:

1. ¿Por qué se ha parado la máquina?
 - Porque se ha producido una sobrecarga y los fusibles han saltado.
2. ¿Por qué se ha producido una sobrecarga?
 - Porque la lubricación de los cojinetes era insuficiente.

3. ¿Por qué la lubricación era insuficiente?
 - Porque la bomba de engrase no tenía suficiente capacidad de bombeo.
4. ¿Por qué la bomba de engrase no tenía suficiente capacidad de bombeo?
 - Porque el árbol de la bomba estaba averiado y producía vibraciones.
5. ¿Por qué estaba averiado?
 - Porque no disponía de un filtro, y por tanto no se ha podido evitar la entrada de residuos en forma de partículas metálicas desecho.

Obsérvese que repitiendo varias veces “¿por qué?”, como en este ejemplo, cada uno puede descubrir los problemas reales y ponerles remedio. También es muy importante la eliminación de las fuentes de difícil acceso, ya que el tener unas estaciones de trabajo sin accesibilidad hace que se pierda mucho más tiempo tanto en labores de limpieza, como inspección, lubricación, etc. Algunos ejemplos de posibles actividades para la mejora de las áreas difíciles de limpiar, lubricar e inspeccionar son:

1. Retirar todas las puertas que sea posible, o hacer que éstas se puedan mover fácil y cómodamente.
2. Instalar compuertas de inspección en puertas y reemplazar, si es posible, puertas de acero por otras de plástico.
3. Cambiar la posición de componentes susceptibles de ser inspeccionadas de modo que puedan verse desde el exterior.
4. Disponer de filtros de aire y sistemas de aspiración de polvo, fibras y otros elementos.

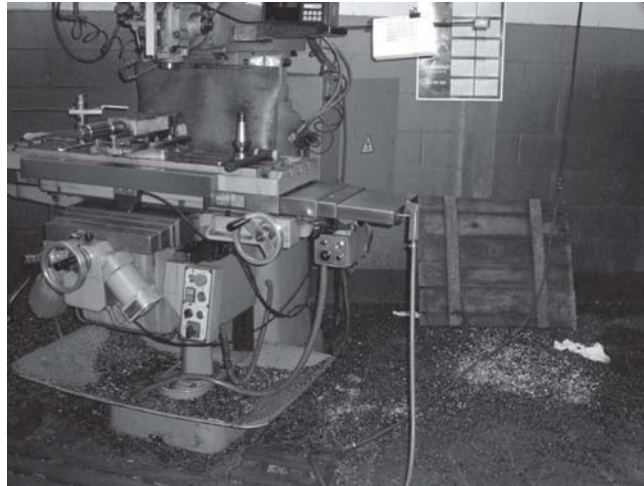


Un filtro excesivamente sucio calentará el motor y le hará perder eficacia.



Un filtro limpio permite que el motor rinda mejor. Un cambio en el momento adecuado, asegura que el interior del motor esté limpio.

5. Instalar elementos protectores para zonas delicadas o difíciles de limpiar para que no llegue a ellas la suciedad, por ejemplo bandejas para la recogida de virutas de hierro.



Al final de este paso, el equipo debe elaborar un estándar de limpieza, con descripciones, dibujos o fotografías, como referencia para mantener en el tiempo los resultados obtenidos.

Paso 3. Aprender a inspeccionar el equipo

Para el proceso de implantación del TPM es fundamental que la parte productiva poco a poco se vaya encargando de más tareas propias de mantenimiento, hasta llegar a trabajar de forma autónoma. Para ello, hay que formar a los operarios de la línea de producción en el funcionamiento de las máquinas. Esta formación cada vez será más detallada y abarcará más tareas. El programa de formación debe estar basado en el nivel de conocimientos inicial de cada operario y de las necesidades que requieren las aplicaciones del TPM que se van a implantar.



También será necesario identificar las diferentes acciones que se pueden realizar en la línea y que dividiremos en acciones de nivel 1, nivel 2 y nivel 3.

- Las acciones de nivel 1 son acciones de inspección, lubricación y diagnóstico.
- Las acciones de nivel 2 son acciones donde se producen cambios de elementos de las máquinas pero sin herramientas, solo con las manos.

- Las acciones de nivel 3 son acciones que producen cambios de elementos con herramientas sencillas de utilizar: llaves allen o inglesas, destornilladores, etc.



Paso 4. Mejora continua

En este paso los operarios de producción realizan las tareas de TPM de forma autónoma, se hacen cargo de las herramientas necesarias y proponen mejoras en las máquinas que afecten a nuevos diseños de línea.

Indicadores. Proceso fiable

El hecho de disponer de un proceso fiable permitirá:

- Incrementar la capacidad productiva y reducir los costes.
- Estabilizar el proceso productivo para mejorar la calidad.
- Medir y monitorizar el estado de la línea.
- Mejorar la fiabilidad de la línea y eliminar algunos paros.
- Controlar visualmente el proceso de mejora. Por ejemplo, si se marca la zona correcta/incorrecta de trabajo se conocerá rápidamente y sin dudar cómo trabaja la instalación.



Paso 1. Implantación de un indicador

De acuerdo con todo lo expuesto, la mejora de la eficacia con la que trabajan los equipos e instalaciones permite el incremento de la eficiencia del

sistema productivo. Para poder calcular las desviaciones respecto al objetivo es necesario disponer de indicadores que permitan medir dicha eficiencia. El indicador numérico “natural” para el TPM se considera que es el *índice de operatividad efectiva del equipo*, conocido como OEE (*overall equipment efficiency*), que se calcula como el producto de los ratios de *disponibilidad, eficiencia y calidad*. El OEE es un ratio interesante de carácter internacional porque en un único indicador se evalúan todos los parámetros fundamentales de la producción industrial.

$$\text{OEE (eficiencia global de equipos productivos)} = D * E * C$$

donde:

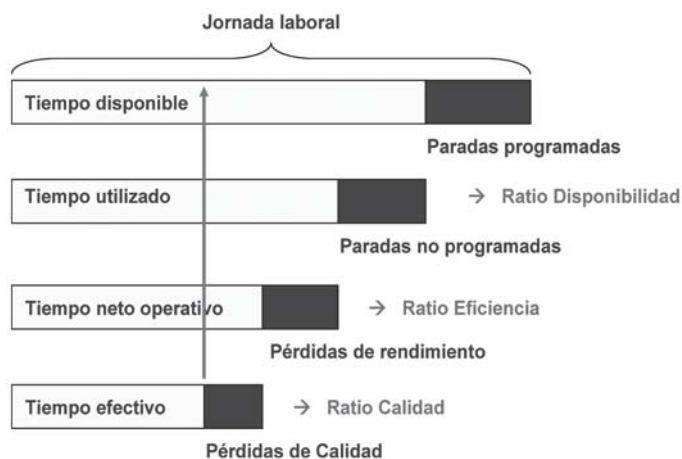
D = Coeficiente de disponibilidad o fracción de tiempo que el equipo está operando.

E = Eficiencia o nivel de funcionamiento de acuerdo con los tiempos de paro.

C = Coeficiente de calidad o fracción de la producción obtenida que cumple los estándares de calidad.

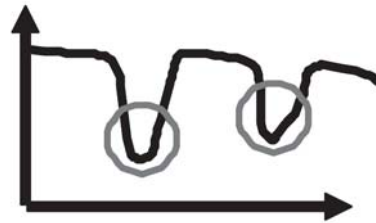
El coeficiente de eficiencia global se obtiene calculando la fracción de tiempo que el equipo funciona, una vez deducidas las pérdidas derivadas de un funcionamiento incorrecto o incompleto, y las que resultan de fabricar productos defectuosos. Disponer de un OEE de por

ejemplo el 60%, significa que de cada 100 piezas buenas que la máquina podría haber fabricado, solo ha producido 60. A partir del 80% se considera aceptable. El valor de la eficiencia global es un porcentaje que se determina con anterioridad a la introducción de mejoras, para conocer el punto de partida del equipo cuya eficiencia quiere incrementarse. Este indicador permite valorar la progresión de la eficiencia a medida que se introducen las distintas mejoras.

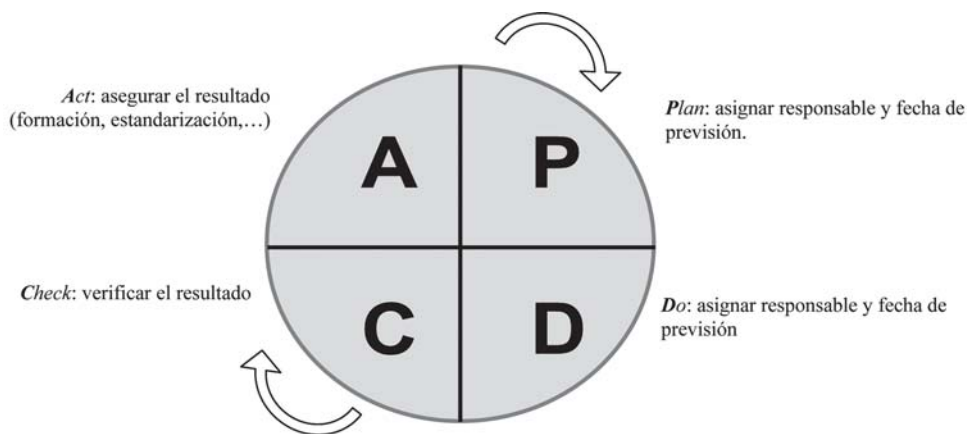


Paso 2. Estabilización de la OEE

Una vez implantado el OEE, hay que asegurar la estabilidad del sistema a lo largo del tiempo. De esta manera se aprecia cómo afectan determinadas actuaciones a la línea de producción, ya que si el indicador está nivelado y se produce un pico hacia arriba o hacia abajo, se puede decir que es debido a esta actuación realizada, y por tanto hay que proceder a su corrección si ha sido perjudicial o dejarla como una mejora conseguida. Para poder obtener esta nivelación de la OEE se utiliza la herramienta PDCA basada, como es sabido, en cuatro pasos:



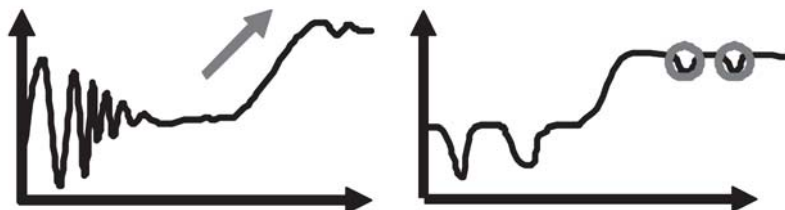
- P (*plan*): se planifica la acción a realizar mediante la asignación de un responsable y una fecha prevista de finalización.
- D (*do*): desarrollar las acciones, implantar.
- C (*check*): verificar el resultado para comprobar que realmente es efectiva.
- A (*act*): actuar, asegurar que se mantienen en el tiempo las mejoras realizadas (formación de operarios, estandarización a otras unidades productivas, etc.)



Paso 3. Mejorar el nivel de OEE

En este punto también se trabaja con la herramienta PDCA, construyendo un plan de acción con puntos para la mejora del nivel de OEE. Un factor muy

importante será seguir una disciplina para dirigir el plan de acciones del paso P al A, con el fin de obtener resultados. Habrán de realizarse auditorías de lo que se ha realizado a fin de observar que realmente sean robustas y eficaces.



Paso 4: Mantener el nivel de OEE

En el último paso se establece la estandarización de todas las operaciones, de manera que las condiciones de funcionamiento permanezcan constantes a lo largo del tiempo.

Caso AMC Entertainment Inc⁴.



CASO PRÁCTICO

El área de producción de los multicines como AMC por ejemplo, se ocupa de preparar las películas para su proyección. Una película llega dividida en bobinas de unos 22 minutos y los proyectistas las empalman todas con los *trailers* y la publicidad contratada para cada sala. Después el funcionamiento es automático (aunque hay que controlar los posibles errores). Una de las funciones básicas de los proyectistas es vigilar que la proyección sea perfecta, y para esto hay que revisar que las películas no se deterioren para futuros pases. Cuando se acaba la proyección de una película en las salas AMC, se desmonta y se devuelve a su estado original separado por bobinas. Un grupo de proyectistas se encarga también del mantenimiento de los proyectores, cambio de aceite, ajustes de rodillos, sustitución de lámparas, etc.

La sustitución de las lámparas de xenón se tiene que realizar en frío, de manera que si la lámpara se estropea durante la proyección se puede tardar más de media hora en reiniciar la proyección, lo que provoca una molestia para los clientes que están en la sala. Por este motivo, las lámparas se cambian cuando la

⁴ Este caso se ha elaborado a partir del trabajo “Estudio para la implantación de una organización eficiente en los cines AMC de Diagonal Mar” realizado por Sergio Alfada Aguin (ETSEIAT, año 2005).

luz tiene fluctuaciones que comienzan a ser visibles en la película (antes de eso ya se le ha subido la intensidad en diversas ocasiones). Pero tampoco se puede cambiar mucho antes de que se acabe, puesto que una lámpara de 5.000 W para una sala grande vale más de 1.000 euros y tiene una duración aproximada de 700 a 1.000 horas.

Es importante, pues, que los proyectores tengan un buen mantenimiento preventivo, (cambio de aceite del motor, reaprietes, control de alarmas, etc.) para intentar que éste falle lo menos posible, ya que una parada de un proyector tiene influencia directa en relación a la percepción de servicio desde la perspectiva del cliente.

SÍNTESIS CONCEPTUAL



RESUMEN

El TPM (*total productive maintenance*), en castellano *mantenimiento productivo total*, es un conjunto de técnicas orientadas a realizar un mantenimiento preventivo de los equipos, por parte de todos los empleados, para minimizar los tiempos de parada por avería. Una consecuencia importante de la implantación del TPM en la fábrica es que los operarios toman conciencia de la necesidad de responsabilizarse del mantenimiento básico de sus equipos, con el fin de mantenerlos en buen estado de funcionamiento y además realizan un control permanente sobre dichos equipos, para detectar anomalías antes de que causen averías. El TPM incluye como primeras actividades la limpieza, la lubricación adecuada y la inspección visual.

Los beneficios que se obtienen incluyen cero averías y un número mínimo de pequeñas paradas debidas a problemas de calidad, retrasos en los cambios de utillajes y faltas de ajustes. Una elevada tasa de operación del equipo se traduce en menores costes. La calidad de la implantación del TPM puede cuantificarse utilizando el índice OEE (*operatividad efectiva del equipo*), que se desarrollará en el capítulo 5.

■ MÓDULO VI. HERRAMIENTAS LEAN: JIDOKA

*La calidad nunca es un accidente,
es siempre el resultado
de un esfuerzo inteligente.*

JOHN RUSKIN

JIDOKA: la garantía de alta calidad



La garantía de la calidad pretende asegurar que todas las unidades producidas cumplan las especificaciones dadas, porque en un sistema sin despilfarros, no se puede permitir el lujo de tener piezas defectuosas, ya que no está prevista la producción de piezas adicionales. Cada empleado se convierte en un inspector de calidad, donde no hay distinción entre los operarios de la línea y el personal del departamento de Calidad (que comprueba la bondad de la fabricación). De esta manera la reparación de los defectos no se realiza después de un largo

tiempo de producción defectuosa, sino inmediatamente después de la localización de un problema.

OBJETIVOS DEL CONCEPTO “GARANTÍA DE CALIDAD TOTAL”



OBJETIVOS

La calidad total consiste en satisfacer completamente las necesidades de los clientes, tanto internos como externos, al mismo tiempo que las de los empleados, y todo con los costes mínimos. Dado que la actividad diaria es la base del despliegue de políticas, debe enfatizarse la motivación del personal para lograr las metas pretendidas, de manera que la garantía de la calidad total incluye al staff, la dirección y los trabajadores en general.

Las herramientas que se presentan en este apartado tienen por objetivo asegurar la calidad, para tener la certeza de que cada proceso únicamente proporcionará al proceso siguiente unidades aceptables. El objetivo es integrar totalmente el control de la calidad con las demás funciones de la empresa.

TÉCNICAS: ORIGEN



ORÍGENES

El concepto de calidad ha sufrido una evolución. Se puede hablar de tres etapas. El sistema propio de *lean manufacturing* es el tercero:

Calidad como inspección. Fue muy utilizada en el periodo de la Segunda Guerra Mundial/postguerra. Se centra en la calidad del producto acabado y la calidad en la recepción de materiales. El proceso y la mejora no tienen peso específico.

Calidad en el proceso. Se busca involucrar al personal de toda la línea de producción. Es un primer intento para involucrar al personal en la solución de problemas y evitar la retención de materiales rechazados en la inspección.

Calidad total. Concepto de calidad aplicado a todas las actividades de la empresa, más allá de las estrictamente relacionadas con la producción. Se trata de empezar la calidad en todas las relaciones con los clientes, pasando por la gestión de la empresa y hasta los niveles más operativos de la misma.

DESCRIPCIÓN Y DEFINICIONES GENERALES



DEFINICIÓN

La calidad total se define como un compromiso con la mejora de la empresa en términos de hacer las cosas “bien a la primera”. La calidad total se logra

a través de mediciones constantes, supervisión y esfuerzo continuo, requiere cambios sistemáticos en el enfoque de la gerencia, redefinición de cargos y estructuras organizativas, aprendizaje de nuevas habilidades por parte de cada empleado y reorientación de objetivos. Estas prácticas conllevan un aumento de la calidad para una mayor satisfacción del cliente y representan el modo más adecuado para afrontar con éxito mercados difíciles, con competidores cada vez más perfeccionados. Al ser un nuevo enfoque de gestión, con la *calidad total* se modifican radicalmente los siguientes aspectos del sistema empresarial:

- Los valores y las prioridades que guían a la dirección de la empresa.
- Las características de la cultura empresarial, y de los principales procesos de gestión y decisión.
- Las lógicas predominantes en la gestión de la actividad empresarial.
- Las técnicas y las metodologías aplicadas por el personal.
- El papel de los directivos y de los operarios.
- El clima entendido como conjunto de las percepciones que tienen las personas sobre las relaciones, los mecanismos organizativos, la política del personal y ambiental.

En la base de la *calidad total* se encuentra un significado, nuevo y más rico, de la palabra calidad. La calidad es: satisfacción del cliente, prevención –se deben solucionar los problemas antes de que se produzcan e incorporar la excelencia en el producto/servicio–, atención a los clientes internos que se encuentran aguas abajo⁵, flexibilidad –predisposición para cambiar y así hacer frente a las exigencias–, **eficiencia –hacer las cosas rápidamente y de forma correcta–**, proceso –para una mejora continua que no debe tener fin–, inversión –que aporta grandes rentabilidades⁶–, y finalmente la calidad es imagen hacia el exterior. Finalmente cabe señalar que, el sentido de la *calidad total* se puede sintetizar en tres puntos:

- Empeñarse en el trabajo para hacer las cosas bien y a la primera.
- En todas las oficinas/talleres de la empresa.
- Para alcanzar la plena satisfacción del cliente, tanto interno como externo.

⁵ *Aguas abajo* es la expresión para designar a la operación anterior, en este caso las relaciones en el interior de la empresa se contemplan como un conjunto de relaciones cliente-proveedor en el que cada persona o departamento debe pretender la máxima satisfacción de quien reciba los *outputs* del propio trabajo.

⁶ A largo plazo, el hacer las cosas bien a la primera es menos costoso que realizar correcciones sucesivas.

Control autónomo de defectos o *Jidoka*

Para el éxito del *lean manufacturing* es fundamental la delegación de la autoridad a los operarios. Esto significa que éstos tienen la libertad para tomar iniciativas en la solución de los problemas de producción. En lugar de esperar la aprobación de los directivos, los trabajadores tienen autonomía para parar la producción en cualquier momento en que se detecten problemas de seguridad, calidad o mal funcionamiento de las máquinas. Se potencia a los grupos de operarios a trabajar juntos para hacer que la producción arranque rápidamente de nuevo. Una vez identificados los problemas por parte de los trabajadores, se les anima a que se reúnan durante los tiempos libres, antes o después del trabajo, para analizar los problemas, al mismo tiempo que intentan encontrar las causas de los mismos. Tener a los trabajadores activamente involucrados en la solución de problemas es el objetivo de la delegación de autoridad a los trabajadores, y este fenómeno se denomina autonomatización.

Autonomatización (automatización con un toque humano): una máquina autonomatizada es aquella que está conectada a un mecanismo de detención automático para prevenir la fabricación de productos defectuosos; de esta forma se incorpora a las máquinas inteligencia humana o un toque humano.

La autonomatización modifica también el sentido del uso de la máquina. Cuando ésta trabaja normalmente no es necesario ningún operario, solo cuando se para como consecuencia de una situación anormal requerirá de la atención del personal. Como resultado, un solo trabajador podrá atender varias máquinas, reduciéndose así el número de operarios e incrementando el rendimiento de la producción.

La autonomatización realiza una doble función: (a) elimina el exceso de producción, y (b) previene la producción de productos defectuosos. Para conseguirlo habrá que mejorarse continuamente los procesos de trabajo estándar en función de la habilidad de cada operario.

Así pues, para asegurar una alta calidad, cada empleado puede pulsar un botón para detener la producción cuando detecta defectos o irregularidades. Cuando el operario pulsa el botón, una lámpara (*Andon*) señala el problema y alerta a todos los compañeros de la sección de las dificultades de la operación asignada al operario. Este sistema de luces permite la comunicación entre los trabajadores.

En la práctica esto funciona de la siguiente manera. Una luz verde significa que no hay problemas, mientras que una de color ámbar indica que la producción se está quedando atrás, pero el operario que ha detectado el problema se ve capacitado para resolverlo personalmente. A efectos prácticos puede establecerse un tiempo límite de, por ejemplo, cinco minutos para resolver esta situación comprometida por parte del operario que ha detectado el problema.

Una luz roja indica la detección de un problema serio, el proceso se para de manera que los compañeros y el propio encargado deben contribuir decididamente a encontrar una solución. A veces se le añade una señal acústica a la luz roja, de modo que cuando se para la línea el operario lo note enseguida. De este modo, un mismo responsable puede llevar varias máquinas puesto que solo tiene que acudir a ellas cuando la luz se lo indica.



DEFINICIÓN

Jidoka (*automation with a human touch*), es el nombre que recibe, en japonés, el sistema de control autónomo de defectos, basado en que un empleado puede parar la máquina si algo va mal. *Jidoka* es, pues, una palabra que significa dar la responsabilidad a cada operario para aquello que él realiza en su entorno de trabajo, transfiriendo a la máquina esa característica o habilidad *jidoka* que la hace algo más que una máquina automática (de ahí el *human touch*).

Esto facilita que el mismo sistema productivo esté diseñado para evitar que existan unidades defectuosas. Las causas reales de los problemas se buscan tan pronto como se detectan. Se incrementa así la probabilidad de encontrar dichas causas y prevenir su repetición. En Toyota se dice: “haced los problemas visibles a todos y parad la línea si algo va mal”. Además, la reparación de los defectos no se realiza después de un tiempo largo de producción defectuosa, sino inmediatamente tras la localización del problema.

Así se minimiza el número de piezas defectuosas a reparar y la posibilidad de que éstas pasen a etapas posteriores del proceso. Con este sistema, cada empleado es un inspector de calidad. No hay distinción entre empleados de la línea (que fabrican los artículos) e inspectores de calidad (que comprueban la bondad de la fabricación). Las fases de inspección, si son necesarias, se realizan dentro de la misma línea, y cada operario garantiza la calidad de su trabajo. El énfasis se ha desplazado de la inspección para hallar defectos a la inspección para prevenir defectos. En otras palabras, hay un interés en controlar el proceso y menos el producto. Todas las unidades producidas deben ser buenas, no podemos permitirnos el lujo de tener piezas defectuosas, ya que no está prevista la producción de piezas adicionales.

Otro punto clave es el sistema de autoinspección, o a prueba de “tontos” conocido como *poka yoke*, en fonética japonesa. Se trata de mecanismos o dispositivos que una vez instalados, evitan los defectos al cien por cien aunque se cometan errores. En otras palabras, se trata de que “los errores no deben producir defectos, y mucho menos aún progresar”. Los *poka yokes* tienen tres funciones básicas contra los defectos: paro, control y aviso. Sus características son: simplicidad (pequeños dispositivos de acción inmediata, muchas veces sencillos y económicos) y eficacia (actúan por sí mismos en cada acción repetitiva del proceso, independientemente de la actuación del operario).

El primero en utilizar los sistemas *poka yoke* fue Shigeo Shingo, un ingeniero industrial de Toyota, a quien se le acredita el haber creado y formalizado el concepto “Cero control de calidad” (ZQC), un enfoque particular en el contexto del control de calidad. A partir de 1940, Shingo estudió y aplicó el control estadístico de la calidad. En 1961, después de una visita a Yamaha Electric, Shingo comenzó a introducir instrumentos mecánicos sencillos en los procesos de ensamblaje, con el objetivo de prevenir que las piezas se ensamblen erróneamente, entre otras que daban señales de alerta cuando un operario olvidaba una de las piezas. En 1967 mejoró estos instrumentos, introduciendo la inspección en la fuente y haciendo más sofisticados los *poka yoke*, reduciendo la utilidad del control estadístico de la calidad, ya que no se daban errores.

En 1977, después de una visita a la planta de la división de lavadoras de Matsushita en Shizuoco, donde se consiguió un mes entero sin defectos en una línea de ensamblaje con 23 operarios, Shingo llegó definitivamente a la conclusión de que el control estadístico de la calidad no era necesario para conseguir cero defectos, sino que bastaba la aplicación *poka yoke* y la inspección en la fuente.

Ejemplos de *poka yoke*



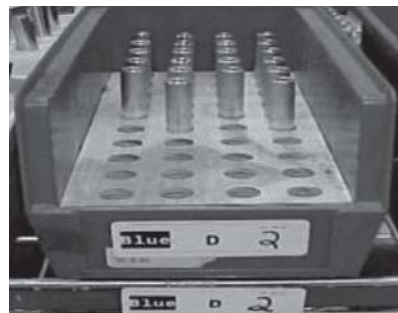
La instalación de células de lectura evita errores en la selección de productos. Esta solución también puede aplicarse a productos que deben ir acompañados de un elemento adicional o complementario, como por ejemplo las llaves de los armarios, las bolsas de tornillos, los manuales o herramientas de montajes para productos tipo *kit*, etc.



En una gasolinera los distintos productos disponen de letreros y mangueras de distintos colores. Además, las máquinas “hablan” indicando el tipo de combustible escogido al descolgar la manguera.



Los teléfonos móviles disponen de un dispositivo que bloquea el teclado, de esta manera cuando se transporta el teléfono se evita que se produzcan llamadas involuntarias.



En el contenedor de la izquierda hay que contar las piezas para saber cuantas hay, y no se elimina el riesgo de error. En el contenedor de la derecha es muy fácil no equivocarse al contar.



Muy posiblemente este sea el primer *poka yoke* que utilizan los bebés.



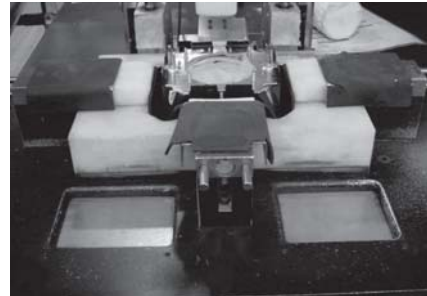
En la colocación de las pilas un *poka yoke* evita errores con la polaridad.



En los cables de conexión de una videoconsola el cable que conecta la videoconsola al televisor, consta de tres bornes de tres colores distintos que deben conectarse a los tres orificios de idénticos colores. Por el otro extremo, la conexión al televisor solo puede hacerse de una única forma posible, tal como se observa en la imagen de la derecha, mediante un euroconector, que solo puede encajarse de una manera. En el otro extremo, el cable que se conecta a la videoconsola presenta un sistema parecido de conexión al de un USB, el cual solo puede ser introducido de una determinada forma.



Las tapas se abren cuando la pieza llega a la estación de trabajo y está colocada en su posición.



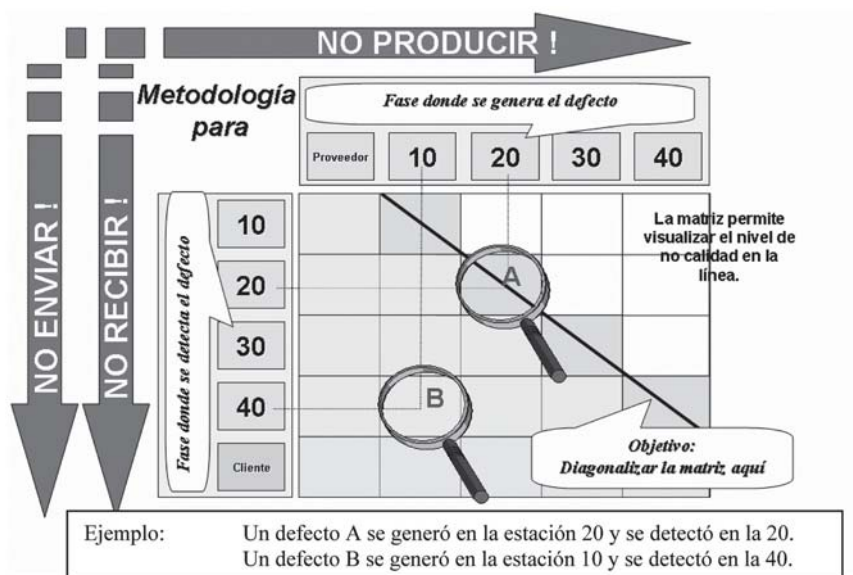
Las tapas están cerradas cuando no ha llegado la unidad a procesar.

Después de considerar estos ejemplos, se concluye que los *poka yokes* permiten: centrarse en la prevención de defectos *vs.* la detección, reconocer que las personas cometen errores y finalmente respetar la inteligencia de los empleados.

La matriz de autocalidad (MAQ)

En el entorno competitivo actual, es obvio que la calidad es un elemento clave para la continuidad de una empresa, que obliga a “entregar solo productos buenos a nuestros clientes”. Esto implica que los defectos deben detectarse

siempre en el momento en que se producen, y en consecuencia, la calidad debe ser diseñada, producida y controlada al mismo tiempo que se desarrolla el proceso de fabricación. La detección rápida de defectos permite el aislamiento de éstos y la puesta en marcha de medidas para evitar su repetición. La *matriz de autocalidad* (MAQ), es una herramienta de soporte para alcanzar todos estos objetivos, y a veces también recibe el nombre de matriz de calidad. Esta matriz constituye un indicador gráfico que expone: la frecuencia en que se producen los defectos y el lugar donde se generan y detectan. Además, permite visualizar la eficacia de las acciones tomadas en tiempo real.



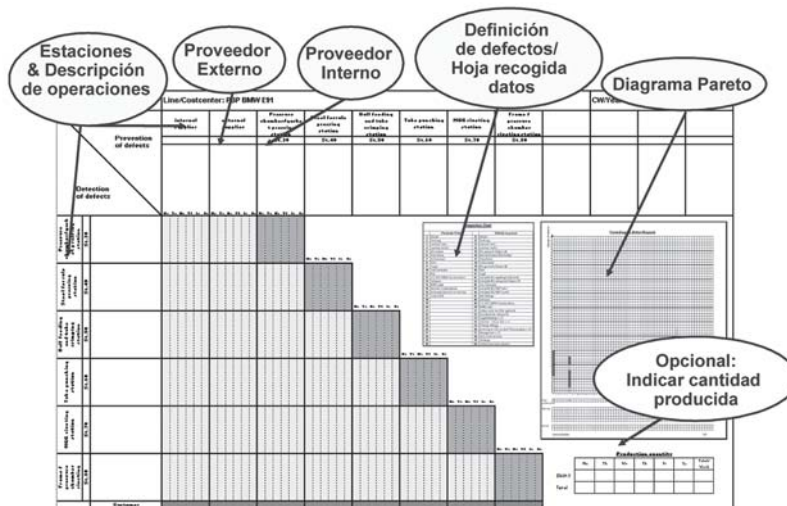
En esta matriz se representan cada una de las fases de un proceso productivo (tanto en sus filas como en sus columnas). En general se incluyen dos columnas destinadas a proveedores, la primera para los externos (en donde se reflejan las compras); y la segunda para los internos (que son las distintas secciones que provisionan la línea de montaje). Del mismo modo, se incluyen dos filas para clientes finales, una para los de carácter externo y otra para los de carácter interno.

En la parte izquierda de la matriz se lee “fase donde se detecta el defecto”, esto significa que las filas indican el lugar donde se ha detectado un defecto. En la parte superior se lee “fase donde se genera el defecto”, de tal manera que tal como indica la figura un defecto A se generó en la estación de trabajo número 20 y se detectó en ella misma, mientras que un defecto B se generó en la estación de trabajo 10 y se detectó en la 40.

La *matriz de autocalidad* nos permite visualizar “dónde” se producen los defectos en un proceso dado y “hasta quién llegan”. Debe ser usada para asegurar que los defectos son detectados allí donde se generan, con el objetivo de reducir los costes de la no calidad.

La utilización de la MAQ parte de los datos de defectos anotados en las *hojas de recogida de datos*. Por ejemplo, en un determinado proceso un operario percibe un exceso de adhesivo en la zona interior de una pieza (porque sobresale de ellas), y por lo tanto el producto es defectuoso. Una vez detectado el problema, el operario retira la pieza y la coloca en una caja roja. Al final del turno de trabajo se recogen todas las hojas de registro de defectos y se trasladan las anotaciones a la matriz.

Cabe observar que en el caso de que un defecto sea detectado en la misma fase donde se produce, éste queda registrado en la diagonal principal de la matriz, ya que cualquier casilla de esta diagonal es la intersección de la misma fase, tanto en la detección como en el origen del problema. El objetivo es detectar todos los defectos en la fase donde se generan. Es decir, en la *matriz de autocalidad* los defectos deberían quedar registrados en la diagonal principal. También constituye un objetivo importante evitar que el cliente detecte un defecto, de manera que en la fila de clientes no debería registre ningún tipo de incidencia.

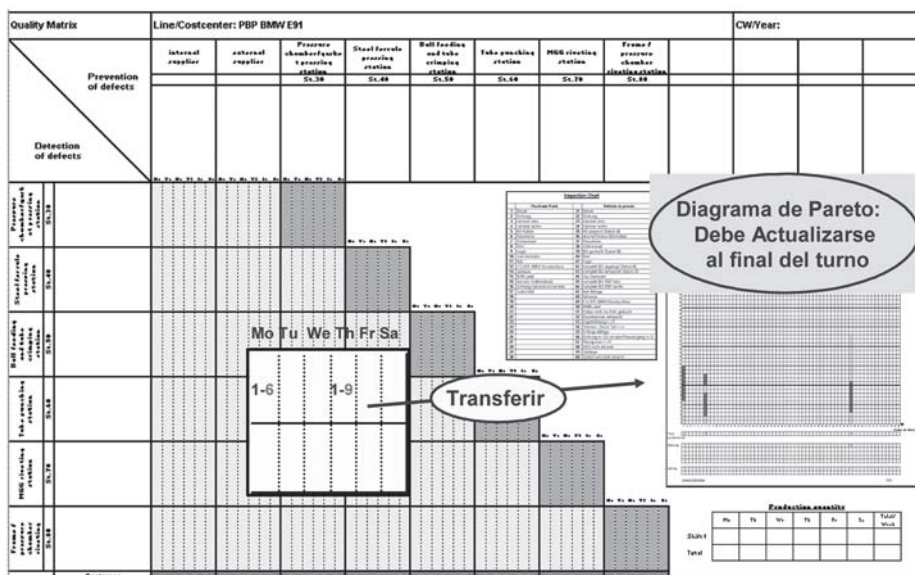


Una vez introducidos los datos procedentes de la *hoja de recogida de defectos*, se elabora un plan de acción para cada tipo de defecto. En este momento, las

personas implicadas dejan de ser solo los operarios y entran en escena tanto el encargado de la línea como el responsable de calidad, quienes deben seleccionar los problemas más importantes mediante un diagrama de Pareto, y después de un análisis establecer un plan de acciones para remediar el problema. En este plan de acciones se utilizarán las herramientas disponibles para la resolución de problemas, como por ejemplo la de los 5 porqués, etc.

Las empresas que utilizan la *matriz de autocalidad*, apuntan que entre las ventajas derivadas de su implantación se encuentran las siguientes: la disminución del número de rechazos, el aumento de la productividad, la mayor implicación de los operarios en la detección de problemas y en la propuesta de soluciones. También hay que apuntar que como consecuencia de “tener que analizar” los resultados anotados sobre la matriz, y teniendo en cuenta que ésta se halla ubicada en la línea, aparece la necesidad de “trabajar al pie de la matriz” y “en equipo”.

Dentro de los aspectos negativos de la implantación de la *matriz de autocalidad* cabe señalar la creación de niveles entre los operarios. El hecho de introducir una herramienta “sencilla pero no tanto”, crea dos grupos entre ellos, los que lo entienden fácilmente cómo funciona, y los que no. Sin embargo, alguna empresa considera que esto no es un aspecto del todo negativo, ya que ha ayudado a aclarar criterios de competencia que antes de la aplicación de la matriz eran difíciles de valorar, ya que todos sabían rellenar la hoja de defectos, detectar los diferentes tipos de defectos, etc.



EL RESPETO AL PRODUCTO

En primer lugar, la actitud de mejora continua, tanto en la calidad como en la productividad, exige mantener una situación de limpieza absoluta que empieza por el máximo respeto de las condiciones del entorno y todos sus elementos. Este respeto es fundamental para alcanzar los “cero defectos”. Normalmente en cualquier planta se observan las siguientes situaciones que denotan una falta de respeto al producto:

- Piezas que son recogidas del suelo.
- Operarios que trabajan sin los medios necesarios para asegurar la calidad del producto (guantes, mascarillas, etc.).
- Embalajes que tienen un mal aspecto, por su deterioro (cartón mojado, roto,...) o porque el material que contiene no está debidamente posicionado.
- Etc.

Estos aspectos suelen tener un impacto tanto en el rechazo al final de línea, como en las devoluciones del cliente o de garantía. El respeto del producto debe basarse en una serie de reglas que siguen tres principios: simplicidad, visibilidad y repetitibilidad. Los ejemplos que se incluyen a continuación tienen aplicación a toda la organización, no solo al área de producción, porque se trata de una cuestión de vigilancia. Las herramientas y los métodos utilizados o descritos son baratos, prácticos, duraderos, se mantienen en el tiempo fácilmente y en su diseño participan los propios operarios de la línea.



Piezas colocadas *a granel* en una caja de cartón. Su manipulación es difícil y existe un riesgo de deterioro por su exposición a recibir golpes, que puede afectar a su funcionalidad (calidad). Es difícil conocer el número de piezas disponible.



El entorno de trabajo debe ser agradable, por ejemplo, los productos siempre están emplazados en un área establecida para ello, mediante unas líneas marcadas en el suelo.

Algunas de las normas de respeto al producto son genéricas y aplicables en cualquier área del proceso productivo, mientras que otras serán específicas para una determinada zona.

Recepción de materiales y almacén	<ul style="list-style-type: none"> • Los <i>palets</i> y cajas dañadas no deben entrar en las instalaciones de la planta, y deben ser devueltas al proveedor. • Los contenedores retornables que están sucios o dañados se deben limpiar, reparar o eliminar. • No se deben utilizar herramientas <i>caseras</i> para abrir los empaques. • Las condiciones de almacenaje deben ser las apropiadas al material que debemos guardar.
Cadena de aprovisionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • No debemos tener componentes que sobresalgan de los <i>containers</i>, ni que invadan zonas de paso. • Las materias primas que se compran han protegerse. • La alimentación <i>a granel</i> debe ser una excepción, ya que no debe haber piezas almacenadas en estas condiciones. • Una pieza caída al suelo debe ser inmediatamente rechazada.
Proceso de producción	<ul style="list-style-type: none"> • Todas las piezas deben estar situadas en zonas seguras y limpias. • Las piezas estándar se sitúan en una zona limpia e identificada. • Las piezas “de aspecto” deben ser manipuladas con guantes. • No deben haber componentes con juegos incompletos. • No debe haber piezas almacenadas entre dos fases del proceso. • Las piezas rechazadas también deben ser respetadas.
Almacenaje y transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Los contenedores han de proteger la pieza que contienen. • Los contenedores dañados no deben abandonar la planta.
... y en todas las zonas de la planta	<ul style="list-style-type: none"> • No se debe hacer un uso indebido de los productos. • No deben reprocesarse productos, ya que deben hacerse bien a la primera. • Está prohibido el uso de componentes ya procesados. • Los productos que están en zonas “no estándar” o en la zona de rechazo deben ser respetados de la misma forma.

A continuación se visualizan ejemplos tanto de buenas como de malas prácticas, en la recepción de materiales, en el almacén, en el proceso de producción y en el transporte.



Ejemplos de material que puede dañarse cuando sea transportado con la carretilla. Los palets defectuosos no deben entrar en la planta.



Si las cajas están dañadas, el producto que contienen seguramente también lo estará.



Los contenedores retornables de plástico son una solución para proteger piezas y una alternativa al cartón.



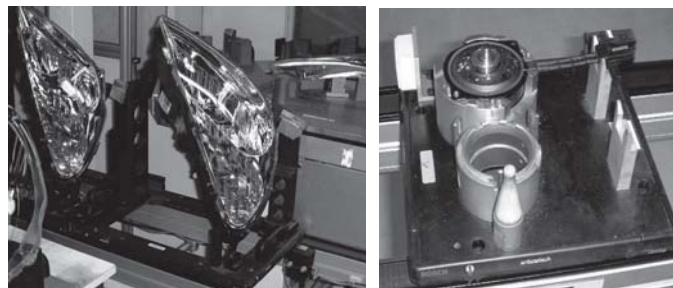
Ejemplos de material correctamente posicionado en sus contenedores.



Dos ejemplos de contenedores con los artículos correctamente posicionados.



Diferentes ejemplos de piezas que se deben rechazar, o han caído al suelo, o están dispersadas en el puesto de trabajo. Deben introducirse en contenedor de rechazos.



Soportes utilizados para la manutención de materiales, en este caso carcasas y reflectores en una industria del sector del automóvil.



Dos piezas “diferentes” con el riesgo de ser mezcladas con el producto que se fabrica.



Algunas piezas (como los reflectores de un faro de coche) deben ser manipulados con guantes.



Ejemplos de productos almacenados “de cualquier forma”. Los objetos personales, como la botella de agua, no deben aparecer en la zona de trabajo.



Contenedor específico para productos semielaborados.



Piezas rechazadas en un contenedor verde, hay riesgo de que sean mezcladas con unidades buenas.



Ejemplos de piezas rechazadas, en este caso cualquier tipo de análisis resulta prácticamente imposible.



Las piezas rechazadas son colocadas correctamente, lo que permite el análisis de defectos.

Los métodos expuestos tienen por objetivo la anticipación, la prevención y la detección de errores, para reducir los costes de la no calidad.

SÍNTESIS CONCEPTUAL



RESUMEN

La garantía de alta calidad constituye un pilar en el contexto de *lean manufacturing*, para evitar despilfarros en forma de unidades defectuosas, y “hacer las cosas bien a la primera”. Las herramientas presentadas tienen su razón de ser en la calidad asegurada, para tener la certeza de que cada proceso únicamente proporcionará al proceso siguiente unidades aceptables. Estas herramientas son:

- *Jidoka*: los operarios tienen la libertad de tomar la iniciativa de pulsar un botón, una lámpara (*andon*), cuando detectan una anomalía. De esta manera los operarios están activamente involucrados en la solución de problemas.
- *Poka yoke*: se trata de mecanismos que detectan defectos e impiden su fabricación de manera automática, a pesar de que exista un error humano.
- La *matriz de autocalidad* (MAQ), que es un indicador gráfico de soporte para evitar que una unidad defectuosa avance en el sistema productivo.
- La gestión visual, que facilita el mantenimiento del respeto al producto basado en la simplicidad.

4

Situación futura

*Si buscas resultados diferentes,
no sigas haciendo lo mismo.*

ALBERT EINSTEIN



Una vez estudiadas las distintas herramientas *lean* disponibles para cada oportunidad de mejora, se aplica la más adecuada, con el fin de alcanzar los objetivos de *siempre*: eliminar el desperdicio, reducir el tiempo de ciclo a partir de eliminar las operaciones sin valor añadido y conseguir que el material se mueva

con un flujo continuo. Los pasos para ello son: establecer una organización centrada en el producto (nunca en el proceso), reducir los stocks y las esperas, minimizar el tamaño de los lotes y establecer un ritmo constante de producción.

■ CONSIDERACIONES PREVIAS

Antes de entrar en el desarrollo de este capítulo, donde se desarrollan las aplicaciones de las herramientas *lean*, se trata la figura del *team leader* y las fases del proyecto de implementación.

LA FIGURA DEL LÍDER LEAN



CONCEPTO CLAVE

Las organizaciones exitosas con la producción *lean* persiguen tres objetivos que se integran y refuerzan mutuamente en la dirección apropiada:

- Mantener y cuidar un tejido de relaciones humanas cooperativas.
- Mejorar continuamente las capacidades técnicas y de resolución de problemas de los empleados.
- Mejorar la calidad, el coste, la velocidad y la flexibilidad en todos los procesos.

La esencia de *lean manufacturing* es un amplio flujo de información en la empresa y la habilidad para aprender de esa información para mejorar el proceso, y esto reside en las personas y no en las máquinas. Es por esto que la implantación de las técnicas *lean* se basa inicialmente en la implicación del personal mediante el trabajo en grupos multidisciplinares, cuyos miembros se comprometen con el cambio, aportan sus conocimientos y aprenden a mejorar de forma continua.

Por todo esto, la dirección *lean* se basa en un sistema cultural de crecimiento organizacional y en una profunda comprensión de la manera en que las personas deben trabajar juntas y una actitud nueva hacia la inteligencia y la creatividad. En particular, es un sistema concebido para desarrollar y gestionar equipos de personas responsables, formadas y motivadas. Es una cultura porque además de definir un estilo abierto y cooperativo de comunicación, deliberación y acción, considera un elemento esencial de la actividad humana: saltos cuantitativos de mejora, es decir, crecimiento. En este contexto, juega un rol importante la figura del *team leader*, tanto es así que diversos analistas creen que la diferencia entre una organización con éxito y otra sin él es precisamente

el liderazgo. Si el éxito o el fracaso de cualquier organización depende de sus líderes, ¿existe un determinado perfil para el líder *lean*?

En primer lugar, parece que todo líder ha de disponer de carisma (término procedente del griego que significa “gracia”), lo que equivale a decir que dispone de los siguientes ingredientes:

- Inteligencia: un buen líder *lean* es intelectualmente brillante y profesionalmente competente.
- Confianza en sí mismo: creer en su propia capacidad para implantar las herramientas *lean*.
- Voluntad de no dejarse amilanar por las circunstancias para hacer posible lo que parece imposible. Conoce su oficio y posee la habilidad de resolver un problema difícil bajo una óptica nueva.
- Conocimiento del equipo: poseer dotes de psicólogo para saber hasta dónde puede pedir que se esfuercen los miembros de su equipo, hacia los cuales mantiene un contacto estrecho y personal. La relación que se establece genera un intercambio activo y bidireccional. Algunos investigadores utilizan el concepto de *consideración* que se caracteriza por relaciones personales cordiales, confianza mutua, disponibilidad para explicar las acciones y disponibilidad para escuchar y fomentar la participación.
- Comunicador: saber articular las aspiraciones del equipo de trabajo en un mensaje que moviliza a sus integrantes hacia una meta ambiciosa. Sabe expresarse en términos asequibles y es un maestro del lenguaje.
- Habilidad para despertar el orgullo de los miembros del equipo y para elevar sus expectativas, lo que genera un impulso de superación y conseguir lo que parecía imposible. El resultado de esto es una mayor motivación al servicio de los objetivos trazados.
- No dudar del valor de lo que se va a hacer ni de la viabilidad de su ejecución.
- Después de definir el plan de trabajo, el líder *lean* espera que se mantengan los estándares de realización y los plazos establecidos.

Después de lo apuntado, cabe señalar que las investigaciones psicológicas apuntan que no hay un conjunto universal de rasgos que distinga a los buenos de los malos líderes. La razón parece hallarse en el hecho de que aquellas personas que son buenos en una situación, pueden fracasar lamentablemente en la misma función pero con otras circunstancias. Lo que determina la efectividad de un líder no parece depender de sus características individuales, sino más bien de la naturaleza de la situación en la que se espera que dirijan, así como las

características y necesidades de los miembros de su equipo. Dado que la dirección implica no solo liderazgo sino también responsabilidad sobre resultados, se plantea la búsqueda del estilo de dirección más eficaz en distintas situaciones del líder en lugar de describir sus características personales. Para definir este estilo, se distinguen tres dimensiones:

1. Relaciones entre el líder y el grupo. Este factor hace referencia al grado en que los integrantes de un grupo confían en su líder, le tienen afecto y están dispuestos a seguir sus indicaciones. Si este punto es alto, no es necesario poder o nivel jerárquico especial del líder para lograr sus objetivos.
2. Estructura de la tarea. Las tareas pueden presentarse vagamente definidas y ambiguas (no estructuradas) o, por el contrario, explícitamente definida (estructurada). Resulta más difícil ejercer influencia de liderazgo en tareas pobremente definidas y sin criterios de realización, que en el caso de tareas perfectamente definidas.
3. Poder del puesto. La tarea del líder resulta más fácil cuanto más firme e intensa resulta su posición de poder.

Para la definición del *team leader* en la implantación *lean* el desarrollo seguido se complementa con la teoría del *path goal* o “camino de meta”, que describe al líder como el responsable del incremento del número y tipo de las relaciones interpersonales entre los miembros del equipo, que conducen a alcanzar los objetivos de trabajo y a facilitar estas relaciones, clarificando los caminos hacia la meta (en nuestro caso, la eliminación del despilfarro), reduciendo las dificultades e incrementando las oportunidades de satisfacción para todos. Como se ve, el planteamiento se describe en términos de camino (*path clarification*), satisfacción de necesidades (*need satisfaction*) y obtención de objetivos (*goal attainment*). Los líderes más responsables confiados y entusiastas tienen una conducta de recompensa más frecuente y se muestran autoritarios hacia personas conflictivas, lo cual sugiere que el liderazgo es un proceso bidireccional (*two-way process*).

La implantación de un sistema *lean* provocará unos cambios y estos generarán reticencias. El célebre Maquiavelo describía las reticencias al cambio de la siguiente manera: “No hay nada más difícil de planificar, ni más peligroso que gestionar, ni menos probable de tener éxito, que la creación de una nueva manera de hacer las cosas. Ya que el reformador tiene grandes enemigos en todos aquellos que se beneficiarían de lo antiguo y solamente un tibio apoyo de los que ganarán con lo nuevo”.

En determinadas ocasiones, un entrenador en un deporte colectivo ha de tener el coraje para mover de su sitio al jugador estrella y además convencerle de que es lo mejor para el equipo. Es una manera de convencer a los jugadores para que practiquen más posibilidades en el futuro y reformar los métodos de entrenamiento. El cambio de posición del *crack* es análogo a la rotación de los puestos de los operarios veteranos. Los operarios experimentados están dominados por la inercia, habiendo asumido la actitud de que el mejor modo de hacer las cosas es “el modo como se han hecho siempre”. Así pues, el líder *lean* ha de hacer rotaciones: en la ausencia de algunos se pueden estimular algunas “perspectivas frescas”, lo que promueve los mejores procedimientos.

Siguiendo con la analogía del entrenador, éste ha de tener la capacidad de estimular a los jugadores jóvenes, con el siguiente mensaje “si perdemos es culpa mía, lo que necesito es que lo hagan lo mejor que puedan”. En nuestra planta hay que articular objetivos para empleados novatos después de enseñarles los métodos y decirles justamente: “hagan lo mejor que puedan”.

A modo de reflexión final, hay que considerar que una vez el *team leader* ocupa una posición de liderazgo, su conducta de líder está sometida a restricciones, ya que posiblemente tan solo podrá influir sobre algunas variables organizacionales.

FASES DEL PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN



CONCEPTO CLAVE

Aunque el proceso de implantación de un sistema *lean* no debe seguir una receta de cocina, ya que se podrían explicar tantas maneras como intentos se conozcan, el modelo que se propone es el que figura en la introducción de este capítulo, en relación al seguimiento de cuatro pasos:

- Establecer una organización por producto.
- Reducir los stocks y las colas.
- Minimizar el tamaño de los lotes.
- Establecer un ritmo constante de fabricación.

Tal como se ha dicho en capítulos anteriores, la implementación debe empezar en aquella parte del proceso en donde los resultados esperados puedan resultar más espectaculares.

Establecer una organización por producto	<p>Construir el VSM.</p> <p>Aplicar las 5S: eliminar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener la disciplina.</p> <p>Analizar el <i>takt time</i> para el o los productos seleccionados.</p> <p>Estudiar el <i>layout</i> y organizar la distribución en planta considerando las grandes restricciones (equipos fijos). Minimizar las distancias.</p> <p>Establecer las operaciones de forma secuencial y en U.</p> <p>Construir un flujo lógico entre las distintas células de trabajo.</p>
Reducir los stocks y las colas	<p>Eliminar los stocks en las operaciones que no sean cuellos de botella.</p> <p>Sincronizar el aprovisionamiento de los proveedores y eliminar el exceso de stocks de materias primas.</p>
Minimizar el tamaño de los lotes	<p>Reducir los tiempos de preparación para conseguir cambios de serie rápidos e incrementos efectivos de la capacidad.</p> <p>Introducir sistemas de <i>kanban</i> para controlar los stocks (dos cajas, carros, bolsas, etiquetas, etc.).</p> <p>Minimizar el número de <i>kanbans</i>.</p>
Establecer un ritmo constante de fabricación	<p>Producir según el ritmo definido por el <i>takt time</i>.</p> <p>Evitar en la medida de lo posible, los paros por averías.</p>

A continuación se desarrolla una aplicación práctica a partir de la aplicación de las herramientas *lean*: 5S, *heijunka*, SMED, *kanban*, TPM.

NOTA: Para el desarrollo de esta aplicación práctica se ha partido de algunos esquemas de líneas de producción creadas por los profesores Albert Suñé Torrens y Francisco Gil Vilda, de la Universidad Politécnica de Cataluña. La adaptación del caso a los contenidos desarrollados en los capítulos precedentes permiten disponer de una guía metodológica ilustrativa para la implantación de las técnicas de *lean manufacturing* en un entorno industrial.

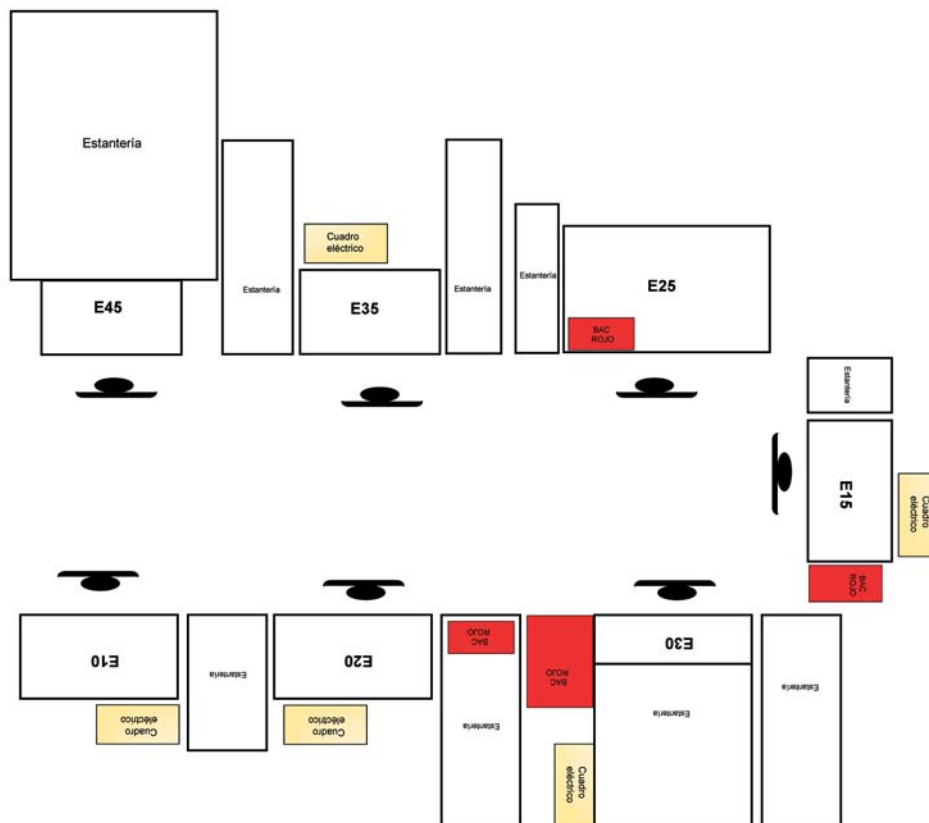
■ APLICACIÓN 5S



CASO PRÁCTICO

El primer paso para la implantación de las 5S, consiste en seleccionar el área piloto que servirá de modelo para el posterior despliegue al resto de la organización. En este caso, se comienza por el área de producción, con el fin de obtener

una unidad donde se trabaje con orden y limpieza. El área piloto elegida de la fábrica de bicicletas que se viene siguiendo de ejemplo, corresponde a la fase de montaje, una vez fusionadas la línea de montaje del cuadro y la línea de montaje de elementos.



PRIMERA S: ELIMINAR

Para aplicar la primera S, en primer lugar hay que delimitar el área de trabajo o *gemba*, en este caso la línea de la fase de montaje, todas sus estaciones de trabajo y el área del entorno que necesite para su trabajo. En segundo lugar, hay que analizar separadamente cada documento y/u objeto de la línea de producción. Es muy importante no tender a analizar conjuntamente un grupo de cosas, ya que cada objeto por separado puede tener una solución diferente. Además, al tener agrupados varios objetos provoca que no se cierra la resolución de una acción analizada hasta haberlas solucionado todas en su totalidad.

Nº de Referencia		
Nombre		
Acción	Eliminar	
	Ordenar	
	Limpiar	
	Estandarizar	
	Otras:	
Fecha	Colocación de la etiqueta ___ / ___ / 20__	Realización acción ___ / ___ / 20__

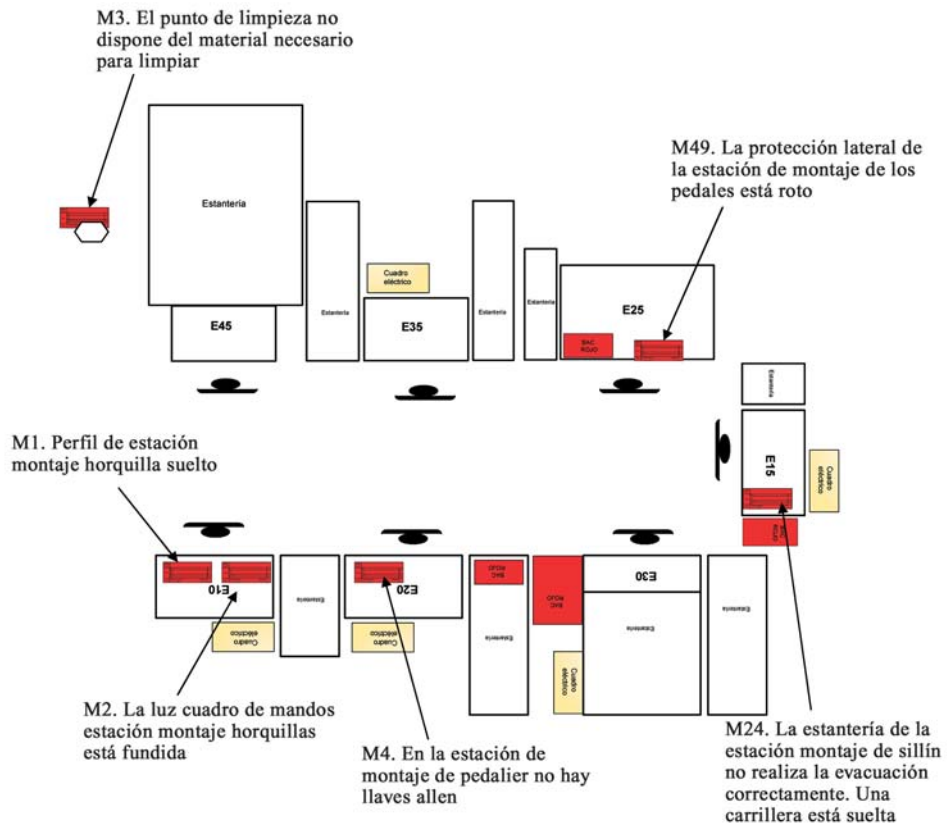
Al analizar cada objeto por separado, aquel que sea sospechoso de no cumplir con la filosofía de las 5S, será denunciado para su posterior resolución. La forma de denunciar que existe una oportunidad de mejora, se hace mediante la utilización de tarjetas rojas. Las tarjetas rojas se rellenan y se colocan lo más cerca posible del objeto denunciado sin que perjudique o interfiera en el trabajo normal. La forma de rellenar esta tarjeta roja es la siguiente:

**Orden a seguir:
1,2,3,...**

Nº de Referencia		
Nombre		
Acción	Eliminar	
	Ordenar	
	Limpiar	
	Estandarizar	
	Otras:	
Fecha	Colocación de la etiqueta ___ / ___ / 20__	Realización acción ___ / ___ / 20__

Fecha de colocación de tarjeta

Se va identificando cada tarjeta con un número para controlar así la cantidad total de tarjetas en circulación, y su fecha de colocación. Por ahora, eso será todo lo que habrá que escribir en la tarjeta por el momento. En el caso concreto que se viene desarrollando, se encuentran diferentes situaciones susceptibles de colocar tarjetas rojas.



En este caso se han colocado en la línea de producción, hasta un total de 56 tarjetas rojas. Al mismo tiempo que se van rellenando las tarjetas rojas, éstas se registran en un documento con todos sus datos.



Este listado sirve para controlar de forma rápida y eficaz la cantidad de tarjetas que hay y permite saber el porqué de cada una de ellas. Además, la pérdida de una tarjeta, por diversas causas no supone un problema dado que se dispone de un listado como registro.

Nº de Referencia	M2	
Nombre	Luz cuadro de mandos estación montaje horquillas está fundida	
Acción	Eliminar	
	Ordenar	
	Limpiar	
	Estandarizar	
	Otras:	
Fecha	Colocación de la etiqueta 17 / 05 / 2005	Realización acción / / 20

HeLeMan
Consulting
Aplicación de Herramientas Lean Manufacturing

LISTADO TARJETAS ROJAS

Nº	Area	Problema	Fecha Colocación	Acción	Respons.	Fecha Realización
1	M	Perfil de estación montaje horquilla suelto	17-05-05			
2	M	Luz cuadro de mandos estación montaje horquillas está fundida	17-05-05			
3	M					
4	M					
5	M					
6	M					
7	M					
8	M					
9	M					
10	M					
11	M					
12	M					
13	M					
14	M					
15	M					

Una vez que se dispone de todos los objetos listados con su correspondiente tarjeta roja, se procede a decidir si eliminar o guardar (archivar).



Hay que elegir un lugar de la línea donde ir colocando todos los documentos, objetos y materiales designados como innecesarios, lo que permite percatarse de la cantidad de objetos que se tenían y se consideraban útiles cuando en realidad no lo son. En el momento de la eliminación de los objetos innecesarios, se toma la tarjeta roja que tienen adherida y se marca con una 'X' la acción realizada, en este caso "eliminar", y se escribe la fecha en la que se ha realizado la acción. Al mismo tiempo, habrá que actualizar el listado con los datos que figuran en la tarjeta.

Nº de Referencia	M1	
Nombre	Perfil de estación montaje horquilla suelto	
Acción	Eliminar	X
	Ordenar	
	Limpieza	
	Estandarizar	
	Otras	
Fecha	Colocación de la etiqueta 17 / 05 / 2005	Realización acción 17 / 05 / 2005

HeLeMan
Consulting

Aplicación de Herramientas Lean Manufacturing

LISTADO TARJETAS ROJAS

Nº	Area	Problema	Fecha Colocación	Acción	Respons.	Fecha Realización
1	M	Perfil de estación montaje horquilla suelto	17-05-05	Eliminar	J. Alonso	17-05-05
2	M	Luz cuadro de mandos estación montaje está fundida	17-05-05			
3	M	El punto de limpieza no dispone de material necesario	17-05-05			
4	M	En la estación de montaje de pedalier no hay llaves allen	17-05-05			

SEGUNDA S: ORDENAR

Una vez se ha eliminado lo innecesario y solo se dispone de lo útil, el paso siguiente consiste en ordenarlo, considerando varios procedimientos:

1. Debe determinarse dónde se utiliza cada elemento, para colocarlo lo más cerca posible a su lugar de uso, de manera que sea fácil encontrarlo cuando se necesite.
2. Con qué frecuencia se usa, ya que dependiendo de las veces que se utilice se determina su ubicación más o menos próxima. Así por ejemplo, para el caso de los adornos de navidad, al necesitarlos solo una vez al año pueden estar en un armario en el trastero. Sin embargo, la vajilla y la cubertería que se usan tres veces al día estarán al lado de la mesa.

Nº de Referencia	M4
Nombre	En la estación de montaje de pedalier no hay llaves allen
Acción	Eliminar
	Ordenar
	Limpiar
	Estandarizar
	Otras
Fecha	Colocación de la etiqueta 17 / 05 / 2005

HeLeMan
Consulting
Aplicación de Herramientas Lean Manufacturing

LISTADO TARJETAS ROJAS

Nº	Area	Problema	Fecha Colocación	Acción	Respons.	Fecha Realización
1	M	Perfil de estación montaje horquilla suelto	17-05-05	Eliminar	J. Alonso	17-05-05
2	M	Luz cuadro de mandos estación montaje está fundida	17-05-05			
3	M	El punto de limpieza no dispone de material necesario	17-05-05			
4	M	En la estación de montaje de pedalier no hay llaves allen	17-05-05	Ordenar	J. Alonso	17-05-05

La tarjeta roja, M4, indica que en la estación de montaje de *pedalier* no hay llaves allen que se necesitan para su uso, de manera que se procede a colocar una llave allen en el lugar más adecuado de la máquina. A continuación se toma la tarjeta roja que tenían adherida y se marca con una ‘X’ la acción realizada, en este caso ordenar, se escribe la fecha en la que se ha realizado la anotación y finalmente, se actualiza el listado.

TERCERA S: LIMPIEZA

La actividad de limpiar tiene por objetivo la restauración de las condiciones de trabajo iniciales, es decir, disponer las máquinas tal como se encontraban



Limpieza significa tener los suelos absolutamente limpios y mantener las cosas aseadas y en orden. El *estado de limpieza* significa que se mantienen las tres primeras S (*seiri, seiton y seiso*).

En el caso de una fábrica, la limpieza está estrechamente ligada a la habilidad para producir piezas de calidad.

el primer día de trabajo. La razón de la necesidad de limpiar, además disponer de un lugar de trabajo limpio y en buenas condiciones higiénicas, estriba en la prevención de averías en las máquinas, ya que la limpieza constituye la primera tarea de inspección realizada sobre las máquinas, equipos e instalaciones. Se debe limpiar para inspeccionar, inspeccionar para detectar, detectar para corregir... (obviamente, esto es un excelente complemento para el TPM).

Otro punto clave a la hora de limpiar es identificar los focos de suciedad existentes, como los lugares donde se produce continuamente viruta, la caída de piezas, la pérdida de aceite, etc., para poder así eliminarlos y no tener la necesidad de limpiar con tanta frecuencia, ya que se trata de mantener los equipos en buen estado, pero reduciendo la cantidad de tiempo dedicado a la limpieza.

Hay que ponerse manos a la obra, organizando grupos de dos personas y asignándolas a una zona para que procedan a su limpieza. Una vez se disponga del área limpia, se verifica que no se hayan dejado cables sin conectar, protecciones sin colocar, paros de emergencia accionados,... que entorpezcan el trabajo posterior en la línea.

CUARTA S: ESTANDARIZAR

Un procedimiento estándar es la manera más práctica y sencilla de hacer las cosas para todos. En la práctica esto consiste en identificar cada elemento en “su sitio”, lo más cerca posible de su lugar de utilización mediante:

- La gestión visual (fotos, dibujos, etc.), algunos estudios ponen de manifiesto que el 80% de la información entra por los ojos.
- *One point lesson*: en el caso de que no sea posible colocar ninguna fotografía o dibujo, se escribe la información de forma sintética, breve, concisa y clara. Ejemplo:



“CERRAR EL GRIFO DESPUES DE SU USO. GRACIAS”



Como acción, se define cuál debe ser el material que debe situarse en cada punto acorde con las necesidades detectadas al hacer la limpieza. A continuación se toma la tarjeta roja adherida y se marca la acción realizada con una “X”, en este caso “estandarización”, posteriormente se escribe la fecha en la que se ha ejecutado la acción y, finalmente, se actualiza el listado.

Nº de Referencia	M3	
Nombre	El punto de limpieza no dispone del material necesario para limpiar	
Acción	Eliminar	
	Ordenar	
	Limpia	
	Estandarizar	X
	Otras:	
Fecha	Colocación de la etiqueta	Realización acción
	17 / 05 / 2005	17 / 05 / 2005

HeLeMan
Consulting
Aplicación de Herramientas Lean Manufacturing

LISTADO TARJETAS ROJAS

Nº	Area	Problema	Fecha Colocación	Acción	Respons.	Fecha Realización
1	M	Perfil de estación montaje horquilla suelto	17-05-05	Eliminar	J. Alonso	17-05-05
2	M	Luz cuadro de mandos estación montaje está fundida	17-05-05			
3	M	El punto de limpieza no dispone de material necesario	17-05-05	Estandarizar	A. Pérez	17-05-05
4	M	En la estación de montaje de pedalier no hay llaves allen	17-05-05	Ordenar	J. Alonso	17-05-05

En el caso de que tuviera que realizarse cualquier acción que no entrara exactamente como "eliminar", "ordenar", o "estandarizar", como por ejemplo pintar o sanear cableado de maquinaria, entonces se utilizaría la línea de "otras" y se procedería de igual manera que se ha hecho con las otras acciones y se procedería a continuación a actualizar el listado de la misma manera.

Nº de Referencia	M2	
Nombre	Luz cuadro de mandos estación montaje está fundida	
Acción	Eliminar	
	Ordenar	
	Limpia	
	Estandarizar	
	Otras:	X
Fecha	Colocación de la etiqueta	Realización acción
	17 / 05 / 2005	17 / 05 / 2005

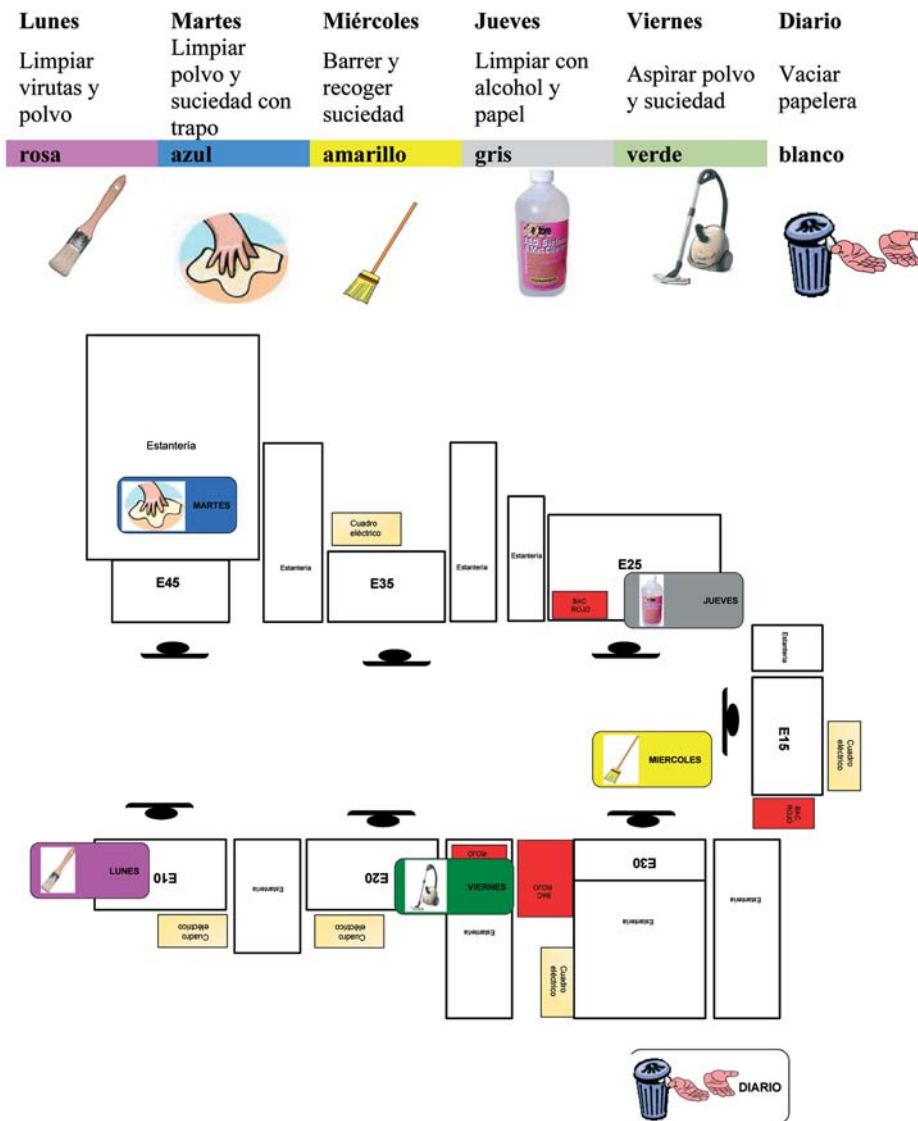
HeLeMan
Consulting
Aplicación de Herramientas Lean Manufacturing

LISTADO TARJETAS ROJAS

Nº	Area	Problema	Fecha Colocación	Acción	Respons.	Fecha Realización
1	M	Perfil de estación montaje horquilla suelto	17-05-05	Eliminar	J. Alonso	17-05-05
2	M	Luz cuadro de mandos estación montaje está fundida	17-05-05	Cambiar	A. Pérez	17-05-05
3	M	El punto de limpieza no dispone de material necesario	17-05-05	Estandarizar	A. Pérez	17-05-05
4	M	En la estación de montaje de pedalier no hay llaves allen	17-05-05	Ordenar	J. Alonso	17-05-05

QUINTA S: DISCIPLINA

La S de disciplina, quizás sea la más importante de todas, puesto que una vez acabado el *workshop*, donde se han hecho muchas mejoras y una limpieza a fondo de la línea, habrá que mantener en el tiempo todo lo conseguido, para no echar por la borda todo el trabajo realizado. Para ello, se crea un *planning* donde se indicará la frecuencia de limpieza para saber qué hay que limpiar cada día y qué utensilio debe utilizarse. Se ha pensado en disponer de un color distinto para cada día de la semana.



Dado que se han generado muchas tarjetas rojas, no da tiempo a tratarlas todas durante los días de *workshop*, con lo que muchas de las tarjetas quedarán colgadas en la línea. Lo primero que hay que hacer es retirar las de la línea y comprobar que el número de tarjetas coincide con el número de acciones que han quedado en blanco en el listado. A continuación se pasan estas acciones pendientes de realizar, al plan de acciones de la línea, que será distribuido entre los responsables de realizar dichas acciones.

Con el fin de mejorar la limpieza de la línea y reducir el tiempo dedicado a la ella se estudiará, cuáles son los materiales de limpieza más eficaces. Si es necesario, habrá que fabricar utillajes adecuados, disponer de carros, facilitar contenedores para trapos y paños, etc., todo ello para un buen uso.

También a partir de este punto, se realizará de forma mensual, una auditoría 5S, a cargo del líder *lean*, un operario de línea y el ingeniero de producción, donde se comprobará si se realizan las acciones pendientes y se mantiene el nivel de 5S.

La auditoría 5S se lleva a la práctica mediante una lista de chequeo con el objetivo de evaluar el orden y la limpieza, y colocar los resultados de la evaluación en un tablero de la fábrica con el objetivo de estimular el compromiso sobre los problemas detectados. Estas listas de chequeo son herramientas muy válidas para hacer más visible el estado de limpieza.

HeLeMan
Consulting
Aplicación de Herramientas Lean Manufacturing

Auditoría 5S Líneas de Producción

Puntuación obtenida:

Las no conformidades en las respuestas han de ser traspasadas a un plan de acciones.

Línea:	Fecha:	Marca con una cruz la respuesta		Comentarios
1S. ELIMINAR				
¿Hay materiales de más en stock en la línea?		SI	NO	
¿Hay objetos personales innecesarios en la línea?		SI	NO	
¿Hay equipos y útiles que no se utilicen en la línea?		SI	NO	
¿Hay restos de señalización de la línea obsoletos o en mal estado?		SI	NO	
¿Hay documentación innecesaria en la línea?		SI	NO	
2S. ORDENAR				
¿Están en su ubicación definida los materiales de la línea?		NO	SI	
¿Están señalizados los elementos móviles de la línea?		NO	SI	
¿Está libre de obstáculos fijos el acceso a los cuadros eléctricos de las máquinas de línea?		NO	SI	
¿Están los útiles y herramientas en su ubicación y cerca de la zona de uso?		NO	SI	
¿Están los elementos de limpieza en su ubicación y en buen estado?		NO	SI	
3S. LIMPIEZA E INSPECCION				
¿Hay piezas, papeles, u otros materiales en el suelo?		SI	NO	
¿Hay cables eléctricos o tubos en el suelo que dificulten su limpieza?		SI	NO	
¿Están los cuadros eléctricos cerrados?		NO	SI	
¿Están las máquinas y puestos de trabajo limpios?		NO	SI	
¿Están las estanterías y áreas de almacenaje limpias?		NO	SI	
4S. ESTANDARIZAR				
¿Hay pautas de limpieza en cada estación de trabajo?		NO	SI	
¿Están identificados los materiales de la línea?		NO	SI	
¿Está la documentación estándar de línea actualizada?		NO	SI	
¿Se aplica la gestión visual en el entorno de la línea?		NO	SI	
¿Es conocida la documentación de línea por el personal de la línea?		NO	SI	
5S. DISCIPLINA				
¿Se respeta el planning de limpieza?		NO	SI	
¿Se respeta el planning de auditorías?		NO	SI	
¿Se actualiza el Plan de Acciones?		NO	SI	
¿Se respetan las marcas del suelo?		NO	SI	
¿Se mantiene limpia la línea?		NO	SI	

Puntuación 5S = Suma de cruces de la columna verde y multiplicadas x 4

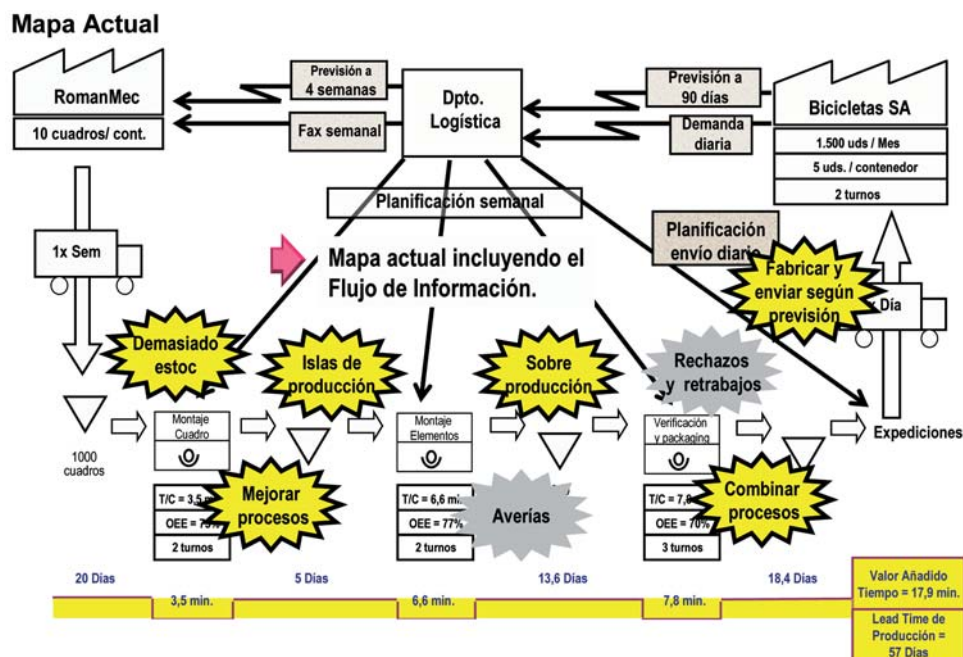
APLICACIÓN HEIJUNKA



CASO PRÁCTICO

Una vez presentada la herramienta *Heijunka*, se identifican las siguientes oportunidades de mejora en el mapa actual, para trabajar en su implantación:

- *Islas de producción*. Eliminación de los puestos de trabajo aislados donde se crean zonas de stock intermedio y despilfarro de movimientos innecesarios de personas y productos.
- *Mejora de procesos*. Mejora de los tiempos de ciclo mediante la mejora del proceso.
- *Sobreproducción*. Reducir lo máximo posible el exceso de producto semielaborado o acabado.
- *Combinación de procesos*. Optimizar el proceso productivo, combinando estaciones que vayan ligadas, eliminando así stocks intermedios y desplazamientos innecesarios.



La primera oportunidad de mejora se basa en la combinación de dos tareas (el montaje del cuadro y el montaje de los elementos) en solo uno, además de

mejorar los procesos y conseguir la integración en la línea de un puesto que se encuentra fuera ella. De esta manera, se elimina el stock entre las dos operaciones y se gana en flujo continuo porque los materiales producidos progresan entre operaciones pieza a pieza (o en pequeños lotes).

Obviamente, una manera de facilitar el flujo es reconfigurar las operaciones en células de trabajo. Como es sabido, una célula ordena varios equipos (y personal) en una secuencia de proceso e incluye todas las operaciones necesarias (o una parte importante de éstas), para lograr completar un producto. Cuando las operaciones se han reordenado en una célula, los operarios pueden producir y transferir entre operaciones una pieza cada vez con más seguridad y menos esfuerzo. Para ello, se convierten las líneas de montaje que presentan una forma vertical o de I, en células de trabajo en forma de U. Para la distribución de una célula se proponen los siguientes pasos:

1. Ordenar los procesos de forma secuencial

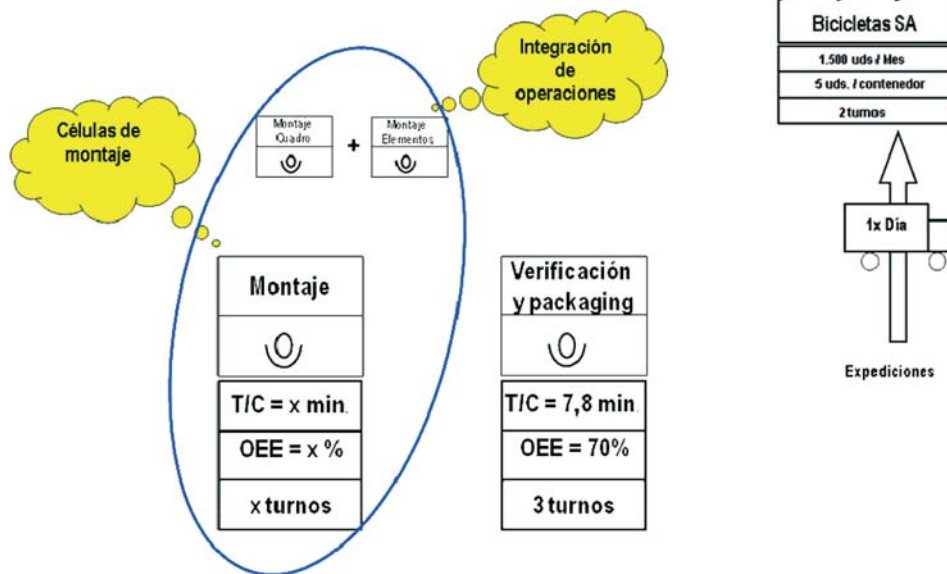
- El recorrido de los productos debe hacerse en sentido contrario al de las agujas del reloj (de manera que las máquinas deben instalarse adecuadamente). Así se promueve el uso de la mano derecha mientras el trabajo recorre las operaciones de forma secuencial.
- Las máquinas deben estar posicionadas las unas cerca de las otras, tomando en consideración la seguridad de los movimientos de manos y material en un espacio reducido.

2. Ubicar la última operación cercana a la primera

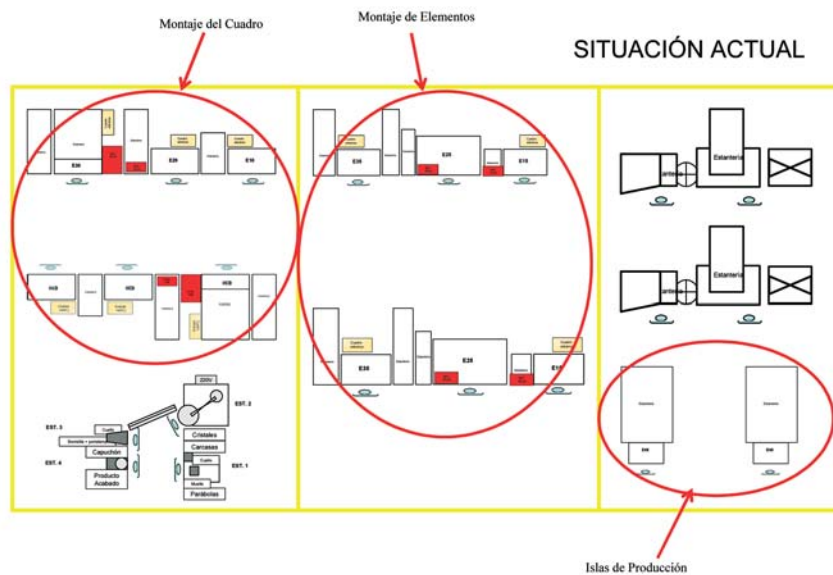
Cuando se diseñe la disposición de las células, debe considerarse la gama de productos y su demanda. La célula debe ser capaz de adaptarse a producir eficientemente las demandas variables de los clientes.

No todas las operaciones necesitan el mismo tiempo de trabajo, de manera que los operarios que ejecutan las operaciones más rápidas o más cortas no tienen nada que hacer mientras permanecen a la espera de la pieza siguiente. El equilibrado de una línea es un proceso mediante el cual se distribuye *niveladamente*, los elementos del trabajo dentro de un flujo de valor, con el fin de satisfacer el *takt time*. El equilibrado de la línea ayuda a optimizar el uso del tiempo de personas, equilibra las cargas de trabajo de modo que nadie hace demasiado o demasiado poco. Como la demanda de clientes puede fluctuar, a menudo es necesario reequilibrar la línea porque tienen que cambiarse los *takt time*.

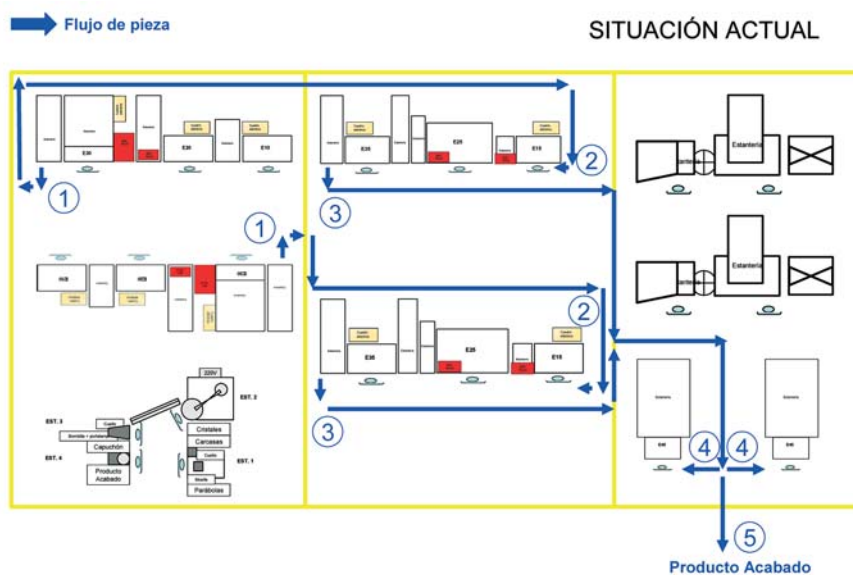
El equilibrado de una línea comienza con un análisis de la situación actual, y la mejor manera para hacerlo es representar los elementos de trabajo, los requerimientos de tiempo y los operarios asignados a las estaciones de trabajo. Se utilizan para mostrar las oportunidades de mejora visualizando los tiempos de cada operación en relación al *takt time* y el tiempo de ciclo total. Lo primero que hay que saber es cuál es la demanda real del cliente. De esta manera se pueden dimensionar los recursos de producción con la menor variación posible y suministrar al cliente los productos que éste necesita en el momento justo en que los necesita. Conocida la demanda de los clientes, y el tiempo disponible de trabajo, se puede calcular cada cuántos segundos se debe producir un producto, para satisfacer el pedido, y asimismo cuántas personas son necesarias para su producción.



A continuación se detalla el *layout* de la planta donde figuran las líneas de producción disponibles y en las cuales se aplica la herramienta *heijunka*.



Si pintamos con líneas el flujo actual que sigue el producto pasando de línea en línea hasta consolidarse como producto acabado, tendremos el siguiente esquema:



Existe una importante oportunidad de mejora por eliminación de movimientos del producto de una línea de producción a otra, para establecer el equilibrio de líneas se calcula en primer lugar el *takt time* del proceso:

$$Takt\ time = \frac{\text{Tiempo disponible para trabajar}}{N^{\circ}\ de\ unidades\ vendidas} \text{ seg./Ud.}$$

Ejemplo:

Demanda de los clientes (próximo trimestre):	1.500 unidades/mes
Día de trabajo (un solo turno de 8 h x 60 min.):	480 minutos/día
Días laborables de un mes:	19 días/mes
Pausas de descanso [1(30) min. + 2(10) min.]:	50 minutos/día

$$Takt = \frac{[(480 - 50)(60)]}{\left(\frac{1.500}{19}\right)} = 326,79 \text{ seg./Ud.}$$

Esto significa que los procesos de esta fábrica deben estar preparados para producir una unidad cada 326,79 segundos (5,44 minutos). En estas condiciones la pregunta es: ¿qué pasa si se produce a un ritmo más rápido que el *takt time*? La respuesta no es única:

- Se tiene mayor inventario de producto acabado y stock en curso y el coste aumenta.
- Se incrementa el *lead time*.
- La ergonomía del puesto trabajo está en peligro ya que se puede forzar la posición de la persona.
- Se tiene demasiada gente produciendo y suministrando.
- Se tiene una sobrecapacidad para suplir las necesidades, pudiendo dejar otras al descubierto.

En cambio, si se produce a un ritmo más lento que el *takt time*:

- Deben considerarse horas extraordinarias para cubrir la demanda del cliente.
- Los costes de transportes aumentan porque se utilizan más camiones o transportes urgentes.
- Los clientes pueden llegar a sentirse insatisfechos.

Por todo ello se puede concluir que si el ritmo de producción es distinto al *takt time* los costes de la organización se incrementan. Ahora bien, como el nivel de eficiencia para ambas operaciones, "Montaje de Cuadro" y "Montaje de Elementos", tienen un valor de OEE del 75% y 77% respectivamente, esto significa que existe

una pérdida de eficacia debido a problemas de disponibilidad (paros programados), eficiencia (micro-paros de máquinas) o defectos de calidad (piezas no conformes). Con lo cual el tiempo resultante de *takt* deberá multiplicarse por el tanto por ciento de OEE para añadirle el tiempo necesario por esta pérdida de eficacia.

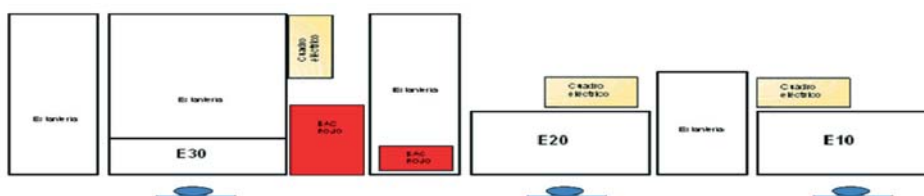
Para el caso particular que se está siguiendo, se tiene que para poder trabajar acorde con la demanda del cliente, el tiempo de *takt* para cada línea es:

Montaje de Cuadro	$Takt\ time\ revisado = 5,44\ minutos * 0,75 = 4,08\ minutos$
Montaje de Elementos	$Takt\ time\ revisado = 5,44\ minutos * 0,77 = 4,18\ minutos$

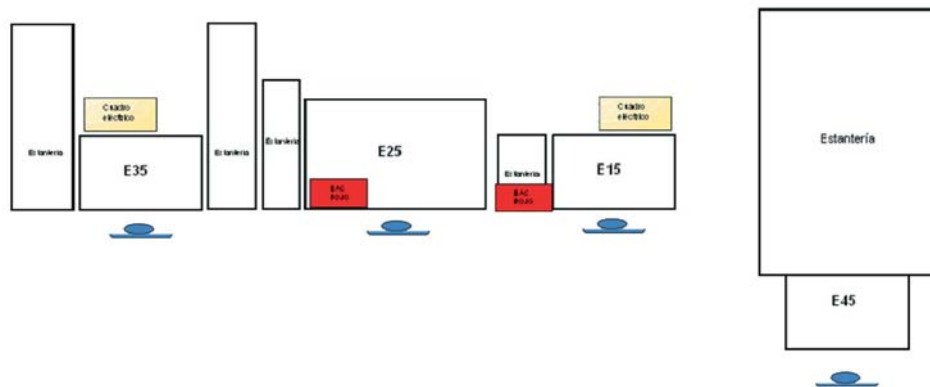
Dado que el objetivo es combinar los dos procesos en uno solo, se toma como tiempo de *takt* el caso más desfavorable, el de 4,08 minutos. Esto quiere decir que la línea combinada debe producir una unidad cada 4,08 minutos para satisfacer la demanda del cliente.

El equilibrado de una línea comienza con un análisis de la situación actual. La mejor manera para hacer esto es un gráfico de balance de operario. En dicho gráfico se representan los elementos de trabajo, los requerimientos de tiempo y los operarios de la estación de trabajo. Se utilizan para mostrar las oportunidades de mejora visualizando los tiempos de cada operación en relación al tiempo de *takt* y el tiempo de ciclo total. En el proceso de "Montaje del Cuadro", la línea de producción dispone de tres estaciones de trabajo con un operario en cada una de ellas por turno. El tiempo de ciclo es de 4,5 minutos.

	OPERACIONES	LÍNEA DE PRODUCCIÓN	Tiempo por operación (min.)	Tiempo de ciclo (min.)
E10	Montaje cuadro + Horquilla	Montaje cuadro	2	4,5
E20	Montaje de cassette y pedalier con cadena	Montaje cuadro	1	
E30	Montaje de ruedas	Montaje cuadro	1,5	



Para el proceso de “Montaje de elementos”, la línea de producción dispone de cuatro estaciones de trabajo con un operario en cada una de ellas por turno. El tiempo de ciclo es de 6,6 minutos. Sin embargo, uno de las estaciones de trabajo es una isla de producción o lo que es lo mismo, es un puesto aislado que se encuentra fuera de la línea de producción. Este puesto es el denominado “Montaje de complementos”.



	OPERACIONES	LÍNEA DE PRODUCCIÓN	Tiempo por operación (min.)	Tiempo de ciclo (min.)
E15	Montaje de desviador y cambio + sillín + tija de sillín	Montaje de elementos	2,5	6,6
E25	Montaje de potencia + manillar + pedales	Montaje de elementos	2	
E35	Montaje de mecanismo de freno (delantero y trasero)	Montaje de elementos	1,1	
E45	Montaje de complementos (portaequipajes, luces, etc.)	Montaje de elementos	1	

Al combinar ambas líneas de producción en una sola donde ambas tienen una función de ensamblaje, y actualmente al estar separadas, se detectan despilfarros como movimientos innecesarios, paro de flujo continuo, stocks intermedios, etc. Por tanto, habrá que considerar en conjunto todas las operaciones que hasta ahora se habían tratado por separado tanto para la línea del montaje del cuadro como para la línea del montaje de elementos. Tomando un *takt time* de 4,08 se calcula

el número de operarios necesarios trabajando como línea conjunta:

$$\text{Operarios necesarios} = \frac{\text{Tiempo de ciclo total}}{\text{Takt Time}} = \frac{4,5 + 6,6}{4,08} = 2,72 \text{ operarios}$$

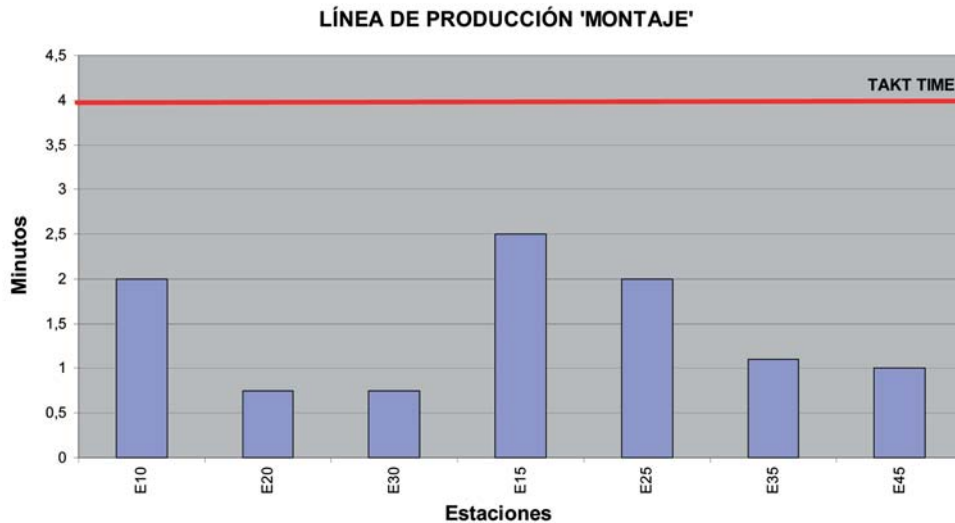
Una necesidad de 2,72 operarios significa que no hay suficiente trabajo para mantener ocupados tres operarios, pero hay más trabajo del que pueden realizar dos. Como el número de operarios ha de ser un número entero, se necesitan tres operarios, aunque uno de ellos puede alternar su trabajo ayudando en otras operaciones, al estar ocupado un 72% del tiempo. Si se calcula de nuevo el *takt time* real al que tendría que trabajar la línea:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo de ciclo total}}{\text{Operarios necesarios}} = \frac{11,1}{3} = 3,7 \text{ min.}$$

Sin embargo, a nivel de cálculo se considera aceptable el *takt time* necesario para satisfacer al cliente, con lo que los operarios dispondrán de tiempo libre a lo largo de la jornada de trabajo que podrán dedicar a otras tareas, tales como limpieza de la línea, inspecciones, etc. Con el proceso combinado, se ha visto que, se necesitan tres operarios para poder producir una pieza dentro del tiempo de *takt*. En este caso el problema no está en conseguir que los operarios completen el trabajo en un tiempo inferior o igual al tiempo de *takt* sino en obtener la solución óptima que equilibre el tiempo de ciclo de línea entre ellos, redistribuyendo sus tareas. El número de operaciones y el tiempo por operación de cada una de ellas sería el siguiente:

	OPERACIONES	LÍNEA DE PRODUCCIÓN	Tiempo por operación (min.)	Takt time (min)
E10	Montaje cuadro + Horquilla	Montaje	2	4,08
E20	Montaje de cassette y pedalier con cadena	Montaje	1	
E30	Montaje de ruedas	Montaje	1,5	
E15	Montaje de desviador y cambio + sillín + tija de sillín	Montaje	2,5	
E25	Montaje de potencia + manillar + pedales	Montaje	2	
E35	Montaje de mecanismo de freno (delantero y trasero)	Montaje	1,1	
E45	Montaje de complementos (portaequipajes, luces, etc.)	Montaje	1	

Representándolo mediante una gráfica, quedaría de la siguiente manera:



Se observa que todas las operaciones están muy por debajo del *takt time*. Ahora se trataría de simplificar operaciones y agruparlas de tal manera que tres operarios puedan trabajar a ritmo de *takt*. Una solución podría ser simplificar las operaciones “Montaje de ruedas” y “Montaje de potencia + manillar + tija de sillín”, dividiéndolas en acciones más sencillas de tal forma que éstas se puedan repartir entre los operarios número 1 y 2 y entre los operarios 2 y 3, obteniéndose de esta manera una línea lo más equilibrada posible.

	OPERACIONES	LÍNEA DE PRODUCCIÓN	Tiempo por operación (min.)	OP 1	OP 2	OP 3
E10	Montaje cuadro + Horquilla	Montaje	2	2		
E20	Montaje de cassette y pedaliar con cadena	Montaje	0,75	0,75		
E30	Montaje de ruedas	Montaje	0,75	0,6	0,15	
E15	Montaje de desviador y cambio + sillín + tija de sillín	Montaje	2,5		2,5	
E25	Montaje de potencia + manillar + pedales	Montaje	2		0,7	1,3
E35	Montaje de mecanismo de freno (delantero y trasero)	Montaje	1,1			1,1

	OPERACIONES	LÍNEA DE PRODUCCIÓN	Tiempo por operación (min.)	OP 1	OP 2	OP 3
E45	Montaje de complementos (portaequipajes, luces, etc.)	Montaje	1			1
			10,1	3,35	3,35	3,4

Una vez aplicadas las mejoras para reducir el tiempo de ciclo en cada estación, y se han dividido las tareas entre los diferentes operarios, se representan gráficamente los resultados obtenidos.



Si se contabiliza el tiempo que cada operario permanecerá ocupado con las diferentes operaciones que tiene asignadas, se observa que:

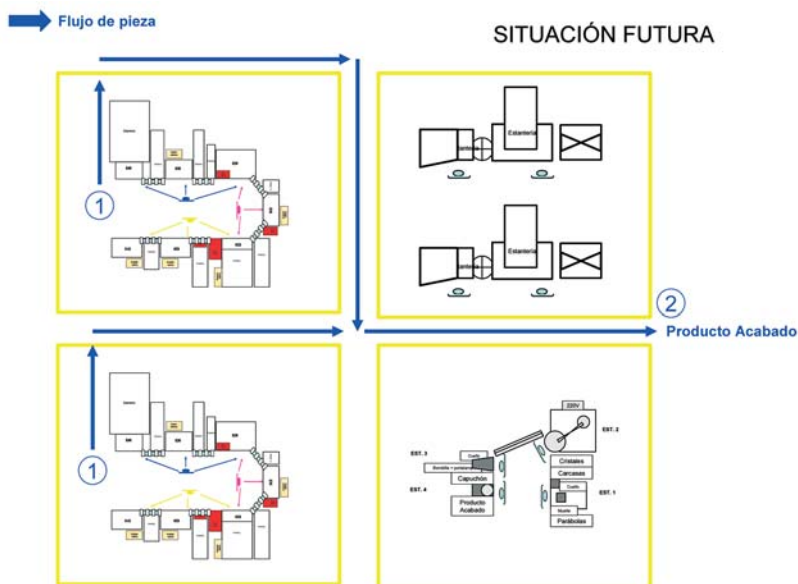
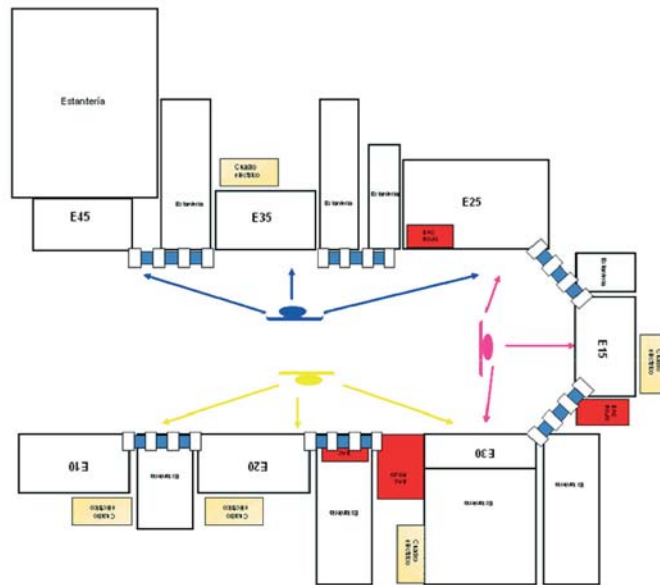


De esta manera, los tres operarios desarrollarán su trabajo de una forma más o menos equilibrada, con tiempos muy similares:

- Operario 1: 3,35 minutos
- Operario 2: 3,35 minutos
- Operario 3: 3,4 minutos

Si se dibuja en la línea de producción la situación obtenida, se aprecia cuál es la distribución de las estaciones de trabajo para cada uno de ellos.

También se adjunta el *layout* definitivo, dibujando también el esquema de flujo de pieza hasta consolidarse como producto acabado. A continuación se debería proceder de la misma manera para la fase de verificación: calcular el *takt time*, el número de operarios necesarios, el equilibrado de la línea, etc., con el objetivo de trasladar la filosofía *lean* a todas las áreas de la organización.



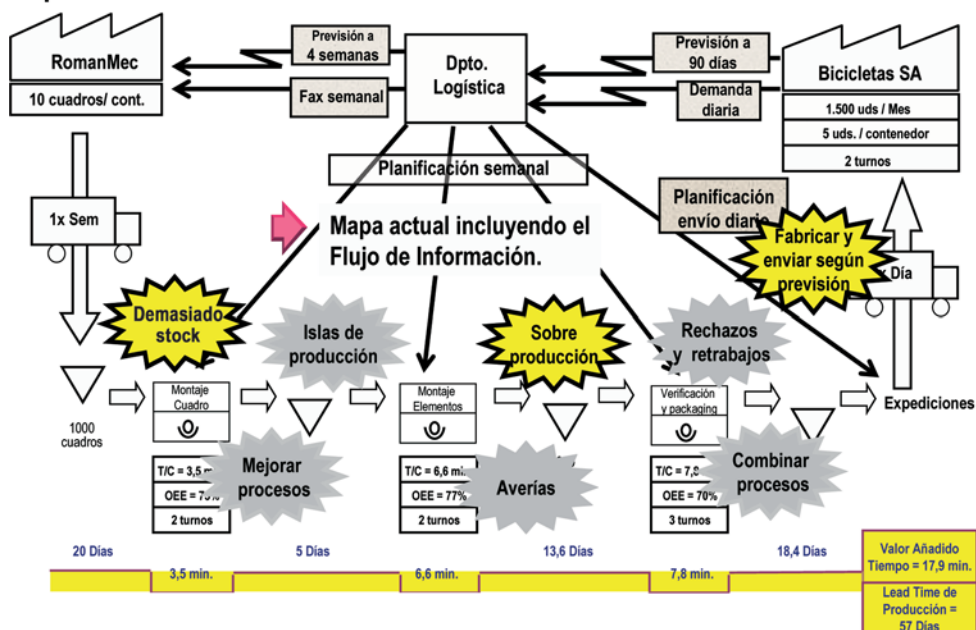
APLICACIÓN KANBAN



CASO PRÁCTICO

Una vez conocido el funcionamiento del sistema *kanban* y las ventajas que ofrece a la empresa, se identifican las oportunidades de mejora en el mapa actual para trabajar en su implantación de una manera lo más efectiva posible.

Mapa Actual



DEMASIADO STOCK. SOBREPDUCCIÓN. PULL SYSTEM

- Demasiado stock: reducir el inventario de materia prima.
- Sobreproducción: reducir el exceso de producto semielaborado y acabado.
- Fabricar y enviar según una previsión de la demanda lo más detallada posible, en el momento y en la cantidad precisa.

Como es sabido, el sistema *pull system* permite que los pedidos de los clientes sean conocidos para producción, en un periodo de tiempo lo más corto posible, mediante un mayor control visual de los flujos productivos, satisfaciendo al cliente, optimizando la calidad, el coste y el servicio.

La razón de utilizar el sistema *pull* se explica por las ventajas que ofrece:

Garantiza el sistema FIFO y la trazabilidad del producto

Si se garantiza que los productos siguen un flujo y no se salen de él, expidiéndose hacia el cliente de forma continuada, sin haber productos fuera de la cadena, en el caso de que se detectara un defecto se conocería la cantidad de artículos afectados, y se podrían separar, evitando el envío al cliente.

Optimiza la cadena productiva

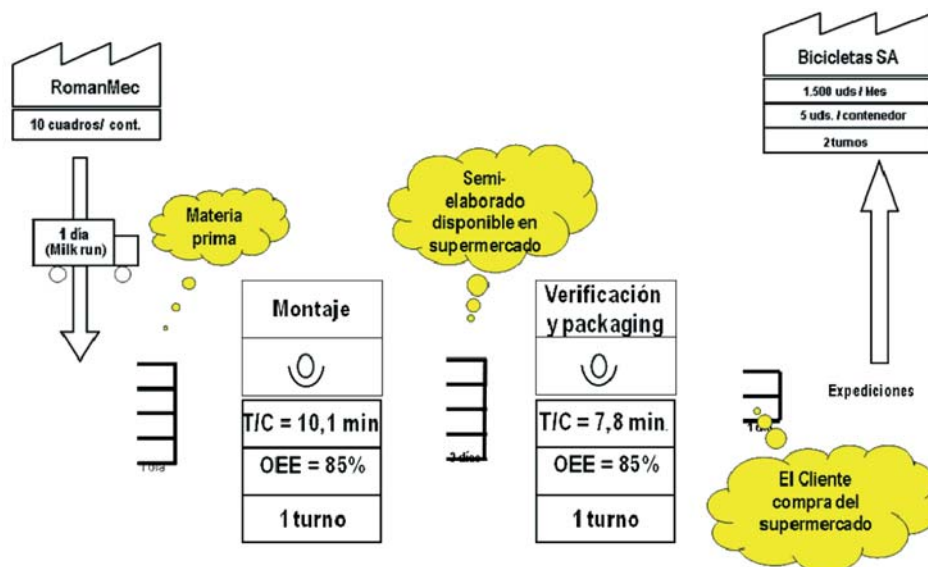
Mediante el sistema *pull*, se analiza con detalle la cadena de valor del producto de tal forma que todo aquello que no añade valor al producto se elimina.

Reduce el lead time

Como es sabido, el *lead time*, es el tiempo de reacción que tiene la organización para responder a los cambios de la demanda de los clientes, de manera que cuánto más corto sea, más rápido se podrá servir el pedido al cliente.

Reduce los stocks, evitando la sobreproducción

Producir realmente lo que el cliente necesita en el momento preciso, evitando así tener tanto material en curso como producto acabado en exceso.

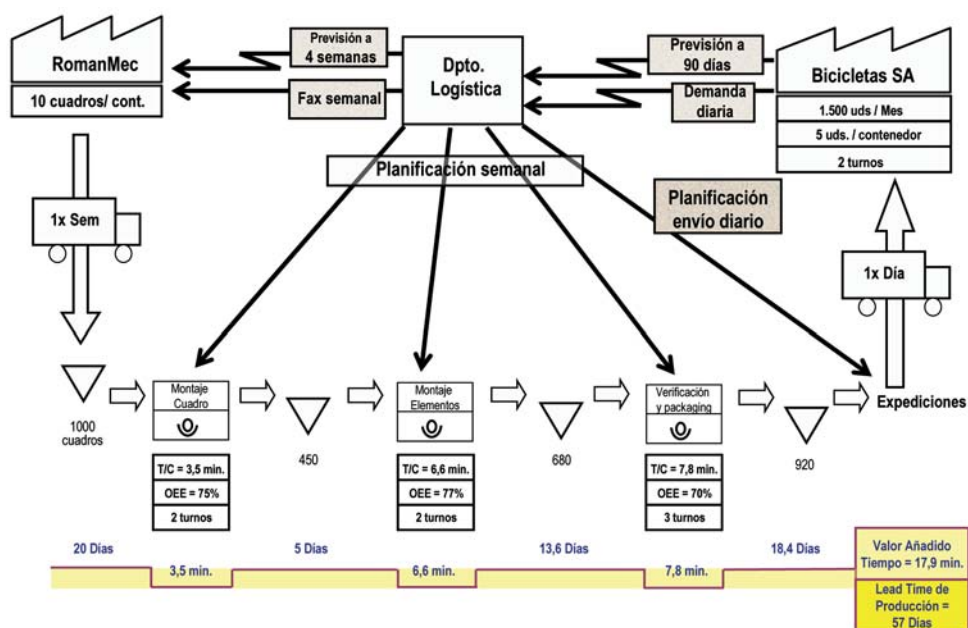


Las etapas en las que se divide la implantación del *pull flow* son las siguientes:

1. Representación del *value stream mapping*, que mostrará la fotografía de la situación actual de la planta y los puntos a tratar para la consecución del objetivo.
2. Suministro o mantenimiento de componentes y materiales a línea de producción. Cómo, de qué manera y en qué cantidad se van a transportar los componentes y materiales a la línea de producción.
3. Retirada del producto acabado de la línea de producción. Cómo, de qué manera y en qué cantidad se va a retirar el producto acabado de la línea de producción.

REALIZACIÓN DEL VALUE STREAM MAPPING

En el caso que se viene siguiendo, el *value stream mapping* ya ha sido realizado y ha servido para detectar evidentes oportunidades de mejora.



Es obvio que la diferencia entre el tiempo de proceso y el tiempo de respuesta frente a los cambios de la demanda del cliente, es notable.

Tiempo de ciclo de proceso:	17,9 minutos
Lead time:	57 días

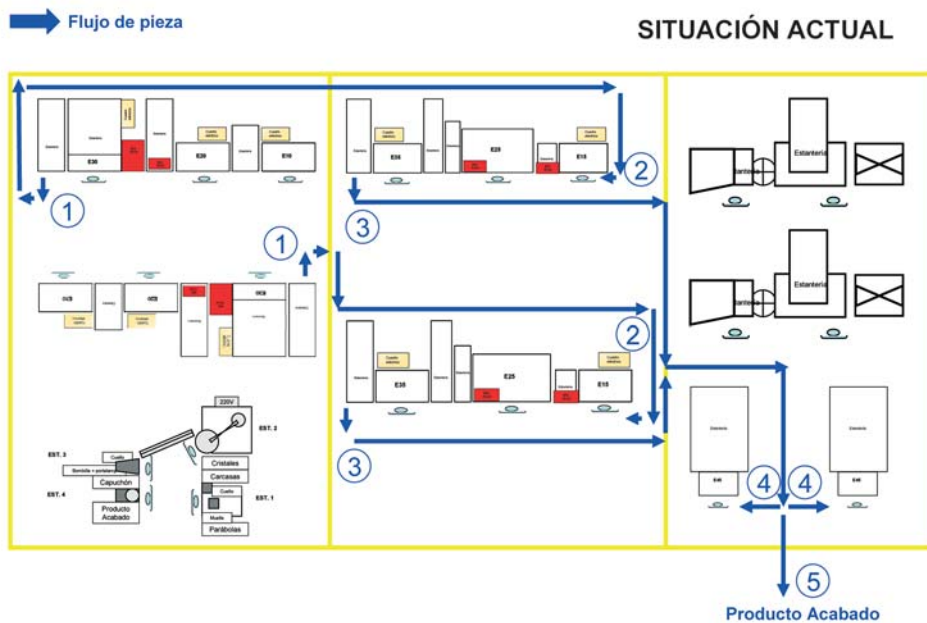
Todo el tiempo de más transcurrido entre el tiempo de proceso y el real de entrega al cliente, se considera perdido ante la posibilidad de reaccionar a cambios de demanda, y por tanto hacia su satisfacción. Existe mucho stock intermedio entre dos procesos, lo que supone un coste excesivo y una ralentización del flujo de materiales.

SUMINISTRO DE COMPONENTES A LÍNEA DE PRODUCCIÓN

El suministro de componentes a línea de producción conlleva: a) la definición del *layout*; b) el estudio de la autonomía de los puntos de suministro; c) el diseño de la “U” logística; y d) la definición de los elementos propios del sistema de tarjetas *kanban* (caja logística, contrato logístico, caja de nivelación, secuenciador, e información de reposición).

DEFINICIÓN DEL LAYOUT

El primer paso para la implantación del *pull flow* consiste en modificar el *layout* actual del área donde se va a implantar, adecuándolo al tamaño necesario. Para transportar tanto la materia prima como el producto acabado, se utiliza un tren logístico. Por lo tanto, habrá que realizar modificaciones como adecuar los pasillos al paso del tren, adecuar las zonas curvas, disponer de recorridos tan rectos como sea posible, etc. El *layout* actual de la planta de la zona de montaje y verificado es el siguiente:



Las líneas de montaje del cuadro están juntas y a su vez separadas de las líneas de montaje de elementos. Ni siquiera existe un pasillo para transitar. De esta manera es muy difícil poder implantar un tren logístico de suministro de materiales puesto que no hay pasillos claros por donde circular. Con el diseño de las nuevas líneas de producción se puede obtener el *layout* final del área donde se va a aplicar el *pull flow*. Este nuevo *layout* dispone de pasillos más anchos y de forma vertical que permite una buena circulación del tren logístico. Una vez adecuadas las líneas a la producción requerida y modificado el *layout*, se realizará el taller para el suministro de componentes a las líneas.

Con la implantación del sistema *pull flow*, lo que se pretende es tener un ciclo de aprovisionamiento de línea lo más corto posible, con el material justo y necesario para fabricar piezas hasta el siguiente ciclo de aprovisionamiento. En este caso el ciclo que se determina es de 20 minutos, es decir, cada 20 minutos se abastecerá a la línea. Con esta reducción del ciclo de aprovisionamiento, disminuye la cantidad de material en stock en línea, ya que en ella solo habrá el material necesario para montar hasta el siguiente suministro del tren. También se aumenta la trazabilidad de los componentes.

ESTUDIO DE LA AUTONOMÍA DE LOS PUNTOS DE SUMINISTRO

Como el ciclo de aprovisionamiento de la línea es cada 20 minutos, bastará con que la línea tenga el material suficiente para producir hasta el siguiente ciclo cuando el tren logístico le reponga el material. Por lo tanto, habrá que dimensionar las estanterías de materiales de las líneas, con la cantidad de piezas que se necesitan durante ese tiempo. Al mismo tiempo, también habrá que tener en cuenta, para el dimensionado de las estanterías, la cantidad de cajas vacías que se evacuarán en cada ciclo y que se llevará el tren.

Para calcular el dimensionado de las estanterías habrá que considerar las dimensiones de las cajas y la cantidad de piezas por caja. Mediante unas fórmulas matemáticas, en función a unos datos de línea conocidos, se puede calcular, para cualquier referencia, la cantidad de cajas que debe haber en línea y la cantidad que se evacuarán por ciclo.

Número de componentes iguales por producto:	n
Frecuencia de paso del tren (minutos):	f
Producción horaria de la línea (unidades/hora):	y
Cantidad por caja reencajada:	X

Cálculo del número de cajas a aprovisionar por ciclo:

$$n \geq 1 + \left[\frac{f y}{60 x} \right] N$$

Cálculo del número de cajas vacías por ciclo:

$$m \geq \frac{f y}{60 x}$$

La tabla de datos que se obtendría para cada referencia sería la siguiente:

Producción horaria de la línea (y):		11 ud./hora		Alimentación - Evacuación				
Frecuencia de paso del tren (f):		20 min.						
DESCRIPCIÓN			Pedal	Sillin	Rueda	Horquilla Del.	Horquilla Post.	
Nº Componentes por producto	N	2	1	2	1	1		
Dimensiones caja proveedor			400x300x120	600x400x170	1000x1000x800	1000x500x250	1000x500x250	
Cantidad componentes por caja	x	50	40	25	10	10		
Cajas totales alimentación (entero superior)			n	2	2	2	2	
Cajas totales evacuación (entero superior)			m	1	1	1	1	

DISEÑO DE LA "U" LOGÍSTICA

Una "U" logística no es más que un almacén entendido de forma diferente al concepto habitual, ya que las estanterías, en vez de estar montadas longitudinalmente, paralelas unas a otras, están colocadas en forma de U, de ahí el nombre que recibe. Este sistema es muy flexible, ya que mientras por fuera de ella se puede estar cargando material en las estanterías, por dentro se puede estar trabajando cogiendo el material que sea necesario suministrar a línea, sin interferencias entre el personal interno y el externo.

Las "Ues" están destinadas a almacenar solamente el material que tienen que aprovisionar a las líneas de producción para obtener el producto acabado. Esto quiere decir que son unidades independientes de otros materiales de almacén y que no se tratan como almacenes generales. Dentro de la U están ubicados todos los materiales necesarios desde las materias primas hasta los embalajes. Para determinar la colocación de los materiales dentro de la U, respecto a dimensiones, cantidades, tipos de cajas, etc., habrá que tener en cuenta:

- *El peso de los materiales.* Las cajas con mayor peso se colocan a una altura media, dejando las cajas menos pesadas en las partes altas y bajas, con el fin de mejorar la ergonomía en la manipulación.

- *Consumo de material.* Si el material es de gran consumo, se coloca de la forma lo más accesible posible y en mayor cantidad, en alturas ergonómicas; en cambio, si se trata de un material de poco uso, se colocará en zonas más altas o alejadas.

El *layout* de la U logística se compone de varios módulos: mientras unos se componen de un nivel de estanterías dinámicas, donde se ubican las cajas de componentes que serán utilizadas, y varios niveles superiores destinados a colocar *palets* de material, los otros módulos no disponen de estanterías, sino que son utilizados para ubicar los *palets* de producto acabado de las líneas de producción y los embalajes de plástico. Al igual que los anteriores, disponen de niveles superiores destinados a los *palets*. Las diferentes tareas que se realizan en la U logística son:

Dejar las cajas vacías de materiales que ha cogido de la línea de producción, y recoger las cajas llenas de material de las estanterías dinámicas acorde con las tarjetas *kanban* que ha retirado de la línea, y que dejará en el siguiente ciclo.

El operario que está en la parte de atrás de la U se encargará de recoger las cajas vacías y rellenarlas de material, que posteriormente ubicará en la correspondiente estantería dinámica.

Retirar el producto acabado del tren y dejarlo donde corresponda para cada línea en la U.

El operario situado en la parte trasera de la U, se encargará de conformar los *palets* de producto acabado, cerrarlos y dejarlos preparados para ser transportados a la zona de expediciones.



Para proceder a rellenar los carriles dinámicos de los distintos módulos de las estanterías, habrá que calcular la cantidad de cajas que se necesitan para cada referencia. Como máximo, la capacidad de componentes de cada referencia ha de ser de un día, ya que el objetivo es implantar un sistema *kanban* con los proveedores, de tal forma que suministren mañana lo que se pida hoy. Por tanto, se precisa saber la demanda diaria de componentes para calcular el número de cajas necesarias y buscar espacio en los diferentes módulos de la U.

Una vez están todas las estanterías correctamente dimensionadas para contener el

material necesario, y pensando que éste se suministrará y recogerá mediante un tren logístico, habrá que definir las paradas para que el tren pare a dejar y recoger el material de la línea. Los vagones del tren que transportan materiales han de quedar lo más cerca posible de las estanterías para reducir la manipulación de cargas.

Lo ideal es colocar una parada en cada lugar donde hay una estantería que alimentar, pero quizás esto suponga un exceso de pasos al tener que bajarse y subirse del tren cada vez que efectúe un suministro de material. Por tanto, hay veces en que si las estanterías están próximas y el material es ligero, con una sola parada se alimentan varias estanterías. El tren se divide en una serie de vagones con varios niveles dependiendo del tipo de estructura disponible, por ejemplo con tres estanterías. Hay que decidir cómo colocar los materiales en las distintas estanterías.

La forma de proceder es análoga al caso anterior, de manera que en la estantería superior se coloca el material más ligero, de forma que el trabajo sea lo más ergonómico posible. También se colocan las cajas vacías recogidas de las líneas de producción, para de una forma fácil y visible ver qué materiales hay que reponer. En la estantería del medio se coloca el material más pesado y de mayor uso, ya que a la altura a la que se encuentra permite trabajar de forma ergonómica sin que el conductor del tren sufra daños por malas posturas. En el nivel inferior se coloca todo aquel material que sea común a varias líneas o modelos. Una vez contempladas estas consideraciones y con el número de cajas necesarias para suministrar a las líneas de fabricación, se llega a la conclusión que debe estar compuesto por dos vagones.

DEFINICIÓN DE LOS ELEMENTOS PROPIOS DEL SISTEMA DE TARJETAS KANBAN

La información sobre lo que hay que producir viene dada mediante tarjetas *kanban*. Existen dos circuitos de información *kanban*, por un lado la relativa a las necesidades de cliente que gestiona el departamento de Logística, y por otro la dirigida hacia las líneas de producción sobre lo que hay que fabricar que gestiona el área de Producción. La caja logística es el lugar donde se indican las cantidades pedidas por los clientes a lo largo de un mes. En el departamento

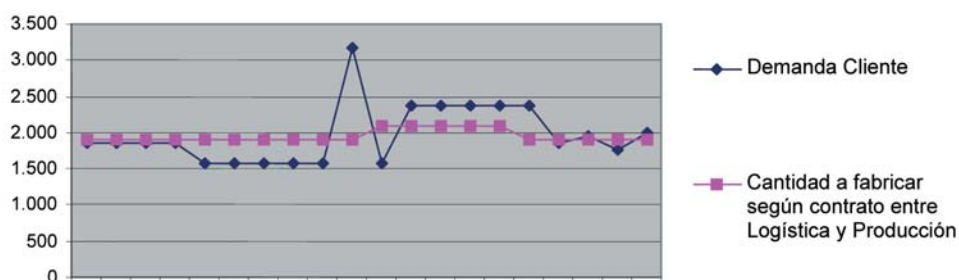


de Logística se revisan los pedidos en firme procedentes de los clientes. Así, de esta manera, comienza el proceso de nivelación de la producción y que continuará más adelante en las unidades productivas.

Entre el departamento de Logística y de Producción, se genera mensualmente un contrato con el objetivo común de proporcionar estabilidad al sistema productivo, garantizando el suministro de componentes para montar a tiempo los productos, y fabricando las cantidades pedidas, gestionando el personal y las instalaciones, independientemente de las incidencias que se produzcan. Cada mes se debe generar un nuevo contrato, en el cual se revisan las cantidades. Este contrato es firmado por los managers de las áreas de producción y de logística, y si no se cumpliera, habría que romperlo y crear otro.





A continuación se representan las variaciones existentes entre la demanda de los clientes y las cantidades reales a fabricar. Estas cantidades se basan en un contrato entre logística y producción para satisfacer las necesidades del cliente, considerando al mismo tiempo la situación real de producción y materiales.

CONTRATO LOGÍSTICO



Una vez se dispone en la caja logística la cantidad de unidades a fabricar, el área de producción se encarga de gestionar cómo se van a producir estas unidades en la planta. La caja de nivelación, también llamada *heijunka*, es el lugar donde se colocan las tarjetas *kanban* de aviso de producción para poder satisfacer la demanda.

La caja de nivelación se divide en líneas de fabricación, y es el departamento de Producción quien decide cuántas tarjetas hay que colocar en cada línea. Estas cajas de nivelación se encuentran físicamente en las U logísticas y mediante el tren logístico, se colocan las tarjetas *kanban* en cada línea concreta de fabricación. La información que contienen estas tarjetas es la referencia del producto acabado, la línea de producción donde se fabrica, el embalaje que le corresponde y el número de unidades por embalaje.

		REFERENCIA HLM2006CLT	DESCRIPCIÓN PIEZA METÁLICA	CANTPOR TARJETA 52
PROVEEDOR 		CLIENTE 		
CÓDIGO DE BARRAS 	Nº TARJETAS 28	SI ENCUENTRAS ESTA TARJETA DEVUÉLVELA A LOGÍSTICA	EMBALAJE CARTÓN	

CircuitoProveedor

La caja de nivelado está dividida en periodos de 20 minutos, que es el tiempo de ciclo del conductor del tren logístico que recibe el nombre de *mizusumashi* (a partir de ahora *mizu*) para el suministro de las líneas de producción. El *mizu*, antes de salir a suministrar el material, recoge las tarjetas *kanban* que haya en la ubicación horaria que le pertenezca a cada línea y las deja en el tren. Cuando pase por la línea dejará las tarjetas *kanban*, que serán la señal para la línea para que produzcan. Por lo tanto, la caja de nivelado impone el ritmo de trabajo a la línea.

Por otra parte, el secuenciador es el dispositivo encargado de recoger las tarjetas que van a la línea y podrá estar ubicado en dos posiciones diferentes, al inicio o al final de la misma. En este caso, se ha dispuesto al final, a partir de una petición de cliente. El *mizu* es el encargado de colocar las tarjetas una vez las coge de la caja de nivelado. Los objetivos del secuenciador son:

- Garantizar el FIFO del *kanban*. El secuenciador es un dispositivo que permite almacenar las tarjetas de una en una, con lo cual el operario del último puesto de la línea, cada vez que recoge información del cliente para saber qué tiene que montar, coge una única tarjeta, lo que permite controlar la trazabilidad.
- Dar una imagen de retraso o avance de la línea de producción. El secuenciador es una herramienta sencilla que muestra visualmente cuál es la situación de la línea de producción. Si en el secuenciador existe una gran acumulación de tarjetas, indica que algo ha pasado en la línea y ésta va con retraso.
- Ayudar a tomar decisiones para reforzar la capacidad, como por ejemplo, en el caso de determinar la necesidad de utilizar otra línea de producción para resolver alguna incidencia.

La señal que advierte al *mizu* el tipo de material que justamente se necesita reponer, es una tarjeta *kanban* de componente que encontrará dentro de cada caja vacía recogida de la línea. En esta tarjeta se le indica la referencia del producto, la cantidad de piezas, el lugar al que se suministra y el punto de origen donde se recoge el material.

Kanban de transporte			De:
Referencia: 8969702			Almacén 1
Descripción: Pedal			
Modelo: Urban classic			A:
Cant.caja	Tipo Caja	Kanban N°	Montaje
50	400x300x120	1/2	

Cada vez que el *mizu* vaya a la línea y recoja una tarjeta *kanban*, sabe automáticamente que en el siguiente ciclo tiene que traer una caja llena de la referencia de la tarjeta *kanban* que ha cogido. El *mizusumashi* será también el encargado de retirar el producto acabado de las líneas una vez realizado, cerrando así el círculo de entrada y salida de materiales de línea.

Una vez acabado el taller para el suministro de componentes a las líneas, habrá que realizar el taller o seminario para la recogida de producto acabado, también con una duración de cuatro días y formado por el mismo personal que ya participó en el de suministro de componentes. La actividad principal a tener en cuenta es la de determinar en qué parte del circuito que realiza va a hacer las paradas para llevarse el producto acabado. Para ello habrá que verificar si las anteriores paradas sirven para este fin o si hay que modificarlas o crear algunas de nuevas, mediante la estandarización de procesos, como en el caso del suministro de componentes.

Una vez modificado el *layout* de la planta, se han convertido las líneas de producción en líneas flexibles, se ha implantado el tren logístico con su circuito de aprovisionamiento y retirada de producto acabado, se dispone de un sistema *kankan* mediante tarjetas de petición de productos según necesidades de cliente, y en estas condiciones se puede afirmar que se trabaja en *pull flow*.

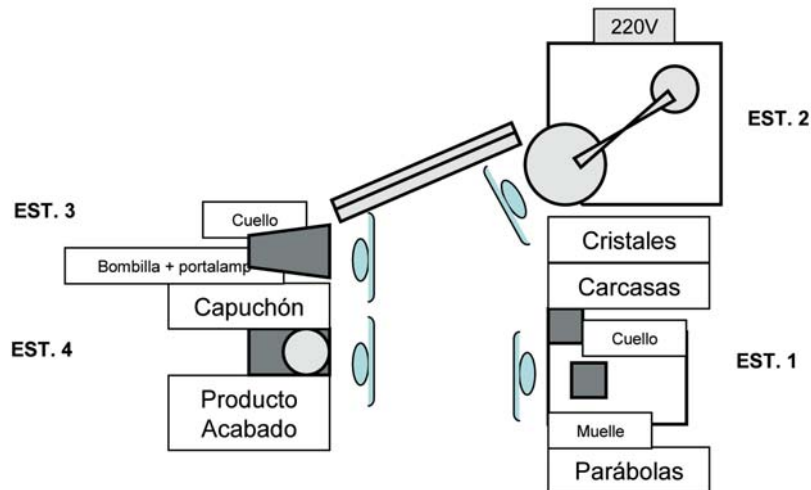
■ APLICACIÓN SMED



CASO PRÁCTICO

A continuación se desarrolla una aplicación de las técnicas SMED al caso de la producción de bicicletas. Actualmente, los modelos "Urbano estándar", "Urbano clásico" y "New urban", presentan a modo de complemento una luz delantera, que dispone de distintos componentes dependiendo del modelo en los que se ensambla. Estas luces las suministraba una empresa externa, pero

por motivos estratégicos dejarán de subcontratarse y se montarán en una línea auxiliar. Por esta razón, la dirección ha pedido que se organice un *workshop* de SMED para reducir el tiempo de preparación en los cambios de modelo. La línea de producción con las estaciones que la conforman es la siguiente:



ESTACIÓN	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Remachado de la parábola	Remachado de la parábola y el cuello. Inserción del muelle sobre el cuello remachado.
2	Fijación de la carcasa y el cristal	Alimentación del robot que realiza la fijación y colocación del rack de secado. Pegado de la carcasa al conjunto carcasa-cristal.
3	Montaje sistema de alumbrado	Inserción del portalámparas en el cuello estanco. Coger la lámpara. Insertar la lámpara en el casquillo. Fijar con el muelle.
4	Control estanqueidad y montaje del capuchón	Colocar el conjunto en máquina de estanqueidad y montar el capuchón.

El primer paso consiste en seleccionar al equipo que va a trabajar en el *workshop* de SMED. Para una mayor comprensión del proceso de cambio, conviene grabar mediante una videocámara un cambio completo de modelo, incluyendo todas las tareas de preparación desarrolladas por el líder *lean*. Es recomendable no mover demasiado la cámara y centrarse en las tareas de cambio, para facilitar su visualización posterior.



MÉTODO PRÁCTICO

Durante los días intensivos de formación del *workshop*, se desarrollan los siguientes contenidos: el significado de la herramienta SMED, el procedimiento a seguir y las metodologías de trabajo para la eliminación de despilfarros. Después de la fase de formación se inicia la implantación de los cinco pasos del SMED.

Paso 1. Identificar las operaciones en las que se divide el modelo

La primera tarea a realizar consiste en visualizar el vídeo previamente grabado con un cambio y se apuntan las diferentes tareas, la persona que las realiza y el tiempo que le dedica. Estas tareas se van colocando de forma secuencial, obteniendo como resultado un cronograma del tiempo total dedicado en realizar el cambio pero sabiendo qué tareas hace cada persona de la línea y qué tiempo utiliza para ello. Cabe recordar que una herramienta útil de soporte para ello es el clásico diagrama de Gantt.

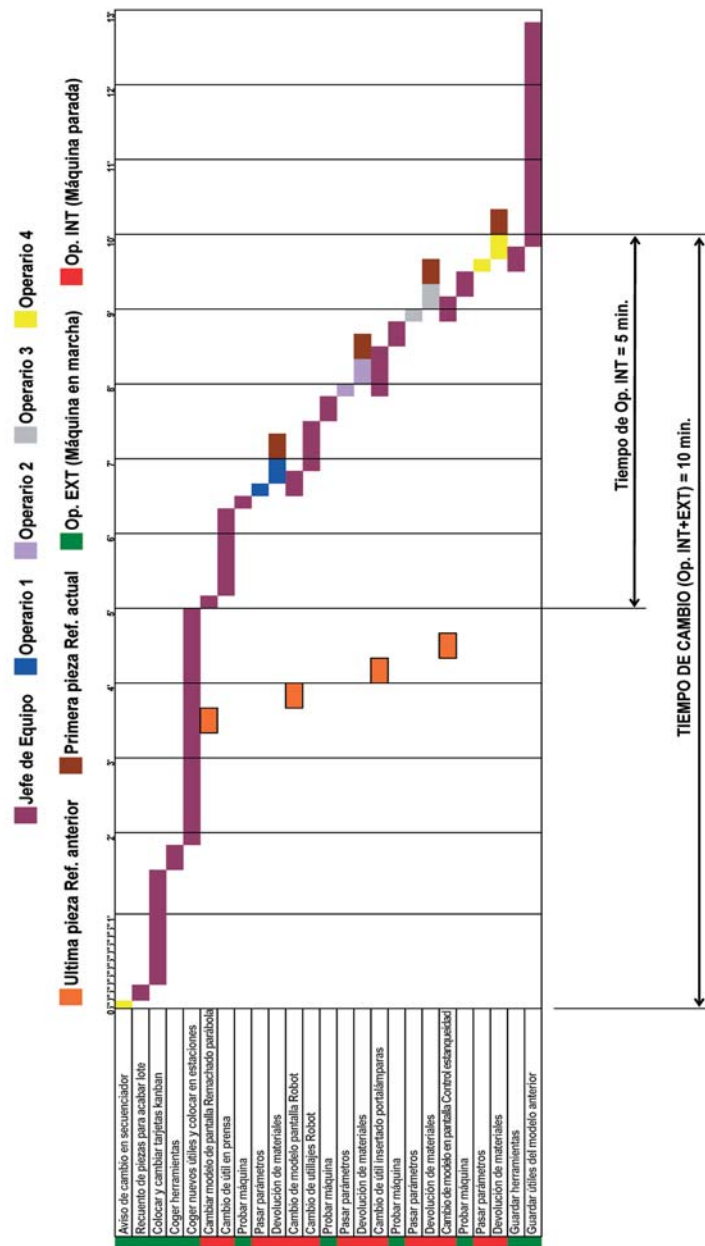
MM (Máquina en marcha)

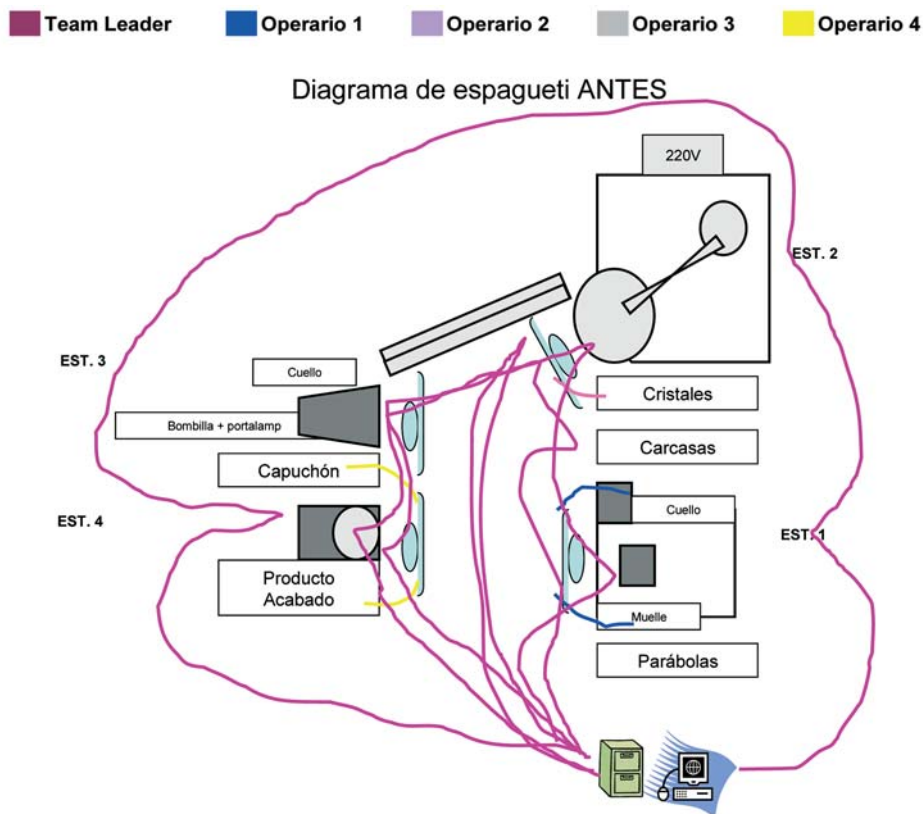
■ MP (Máquina parada)

Nº	OPERACIÓN	MM/MP
1	Aviso de cambio en el secuenciador	
2	Recuento de piezas para acabar el lote	
3	Colocar y cambiar tarjetas kanban	
4	Coger herramientas	
5	Coger nuevos útiles y colocar en estaciones	
6	Cambiar modelo pantalla remachado parábola	■
7	Cambio de útil en prensa	■
8	Probar máquina	
9	Pasar parámetros	■
10	Devolución de materiales	
11	Cambio de modelo pantalla robot	■
12	Cambio de utillajes robot	■
13	Probar la máquina	
14	Pasar los parámetros	■
15	Devolución de materiales	
16	Cambio de modelo de pantalla. Control de estanqueidad	■
17	Probar la máquina	
18	Pasar los parámetros	■
19	Devolución de materiales	
20	Guardar herramientas	
21	Guardar útiles del modelo anterior	

Nota: En la tercera columna se ha avanzado el resultado del paso 2.

También es interesante realizar un *diagrama de espagueti* de la línea, donde se ven los movimientos que realiza el personal de la línea para realizar el cambio. De esta manera tan visual, se pone de manifiesto una gran cantidad de movimientos innecesarios que se realizan y que podrían ahorrarse con un cambio más sencillo y organizado.





Paso 2. Separar las operaciones de preparación internas de las externas

Una vez listadas todas las operaciones de cambio, se identifican cuáles de estas operaciones se realizan con la máquina en marcha (MM), operaciones externas o con la máquina parada (MP), operaciones internas, tal como puede verse en la tabla que se ha incluido en el paso 1.

Paso 3. Convertir las operaciones de preparación internas en externas

Tal como se ha explicado en apartados anteriores, se trata de pasar las tareas que se realizan con la máquina parada a tareas que se puedan realizar con la máquina en marcha. En este sentido, la tarea número 9 consistente en “pasar los parámetros”, permite pensar en convertir una operación interna en otra de externa.

Se asume el hecho de no tener que pasar los parámetros después de realizar la primera pieza, sino una vez realizado el cambio, de esta manera se puede agilizar el cambio de la línea. Considerar este cambio en el procedimiento de línea

implica la posibilidad de producir algún componente defectuoso, pero debido a la experiencia que se tiene de la línea se considera que es un riesgo que hay que asumir.

También podría estudiarse la sustitución de la carga de parámetros de forma manual por la carga de parámetros mediante un Cd que permite hacer una copia en cada cambio y de esta manera se eliminan los errores derivados de la introducción de datos.



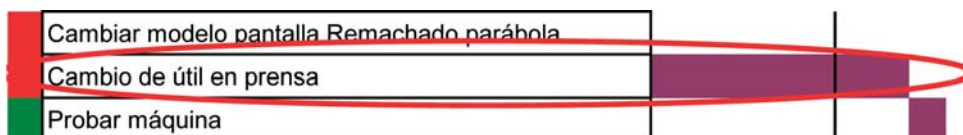
Paso 4. Reducir las operaciones internas

En aquellas tareas con máquina parada donde no es posible realizarlas con máquina en marcha, se intentará al menos reducir al máximo posible el tiempo dedicado al cambio. A partir de aquí se realiza un *brainstorming* entre los miembros del equipo para buscar alternativas a la manera con que actualmente se están realizando las diferentes operaciones en el cambio, y así reducir su tiempo. Habrá que pensar en acciones como:

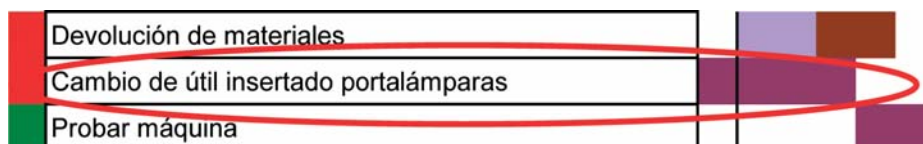
- Utilizar el menor número de herramientas posibles (destornilladores, llaves allen, etc.), mediante la colocación de sistemas de cambio rápido tanto para componentes como para los soportes.
- Colocar instrucciones visuales sencillas y claras en cada estación de trabajo, que sean fácilmente inteligibles por los operarios de la línea, con el fin de que les permitan ejecutar cambios de útiles y pequeños ajustes en las máquinas.
- Posiciones prefijadas de utillajes a la hora de cambiar (guías, topes, sujeciones, etc.).
- Solapar y redistribuir operaciones de cambio entre los operarios.
- Preparar, por parte del líder *lean*, el cambio con suficiente antelación.

Existe la posibilidad de reducir algunas operaciones internas para disminuir el tiempo de cambio, parece interesante destacar las siguientes:

- El tiempo que se pierde a la hora de cambiar el utillaje de la prensa de remachado de la parábola en la primera estación.



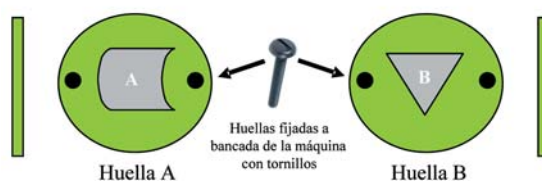
- El tiempo que se pierde a la hora de cambiar el útil de insertado del portalámparas en la tercera estación.



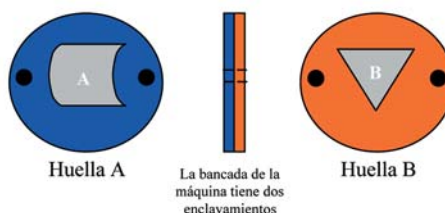
Para la primera y tercera estación, remachado de la parábola y el insertado del portalámparas, se ha pensado en utilizar en vez de huellas diferentes para cada modelo, una misma huella para ambos modelos, y también eliminar los tornillos que sirven para fijar las huellas a la bancada y sustituirlos por enclavamientos, de esta manera el cambio puede ser realizado por el mismo operario de la máquina, ya que no se necesita ninguna herramienta.

Para diferenciar cada modelo, se pinta la huella con un color diferente por cada lado, obteniendo así un sistema *poka yoke*. Para el modelo “urbano”, tanto clásico como estándar, utilizaremos el color azul, y para el “*new urban*”, el color naranja.

SITUACIÓN ACTUAL



APLICACIÓN TÉCNICA SMED



También se colocarán instrucciones visuales en las estaciones de trabajo que completarán la información de color que tienen las huellas: modelo con su color, el programa de pantalla necesario para su ajuste y el patrón necesario para pasar los parámetros.

REMACHAR PARÁBOLA		
MODELO	PROGRAMA PANTALLA	PATRONES
URBANO ESTÁNDAR	12 + ENTER + >	0098356
URBANO CLÁSICO	07+ ENTER + < + *	0881200
NEW URBAN	BHC+ ENTER + 90	0134854

INSERTAR PORTALÁMPARA		
MODELO	PROGRAMA PANTALLA	PATRONES
URBANO ESTÁNDAR	11 + ENTER + DS	0554290
URBANO CLÁSICO	01+ ENTER + * + LL	8725409
NEW URBAN	ASA+ ENTER + 59	9822220



Los cajetines de tornillería son fijos en las mesas de montaje, y en consecuencia se deben vaciar a cada cambio.

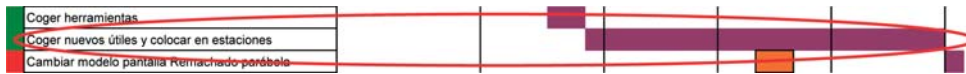


Una mejora aplicada consiste en instalar cajetines extraíbles de manera que la operación de cambio sea más sencilla.

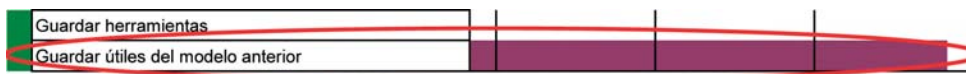
Paso 5. Reducir las operaciones externas

A continuación se adjuntan algunos ejemplos prácticos de reducción de operaciones externas:

- El tiempo que pierde el *team leader* repartiendo los nuevos útiles por toda la línea de producción, ya que debe cogerlos del carro de útiles, que está junto al ordenador, fuera de línea, e ir estación por estación colocándolos al lado de la zona de trabajo para posteriormente realizar el cambio.



- El tiempo que pierde el *team leader* recogiendo los útiles del modelo anterior y colocándolos en el carro de útiles.



Para reducir el tiempo que dedica el *team leader* a preparar los útiles del nuevo modelo y las herramientas necesarias, se colocan soportes en cada estación de trabajo, evitando algunos movimientos y ahorrando el espacio ocupado por el carro de útiles.

- Otra oportunidad de mejora vendría dada por el hecho de que los mismos operarios cambiasen las pantallas de programa de cada estación, sin depender del *team leader*.

Resultados obtenidos

Para comprobar la efectividad de las posibles mejoras propuestas debe estimarse la reducción del tiempo de cambio conseguida con la implantación de las medidas adoptadas. De esta manera, se obtiene un diagrama de Gantt futuro y el nuevo *diagrama de espagueti* después del cambio.

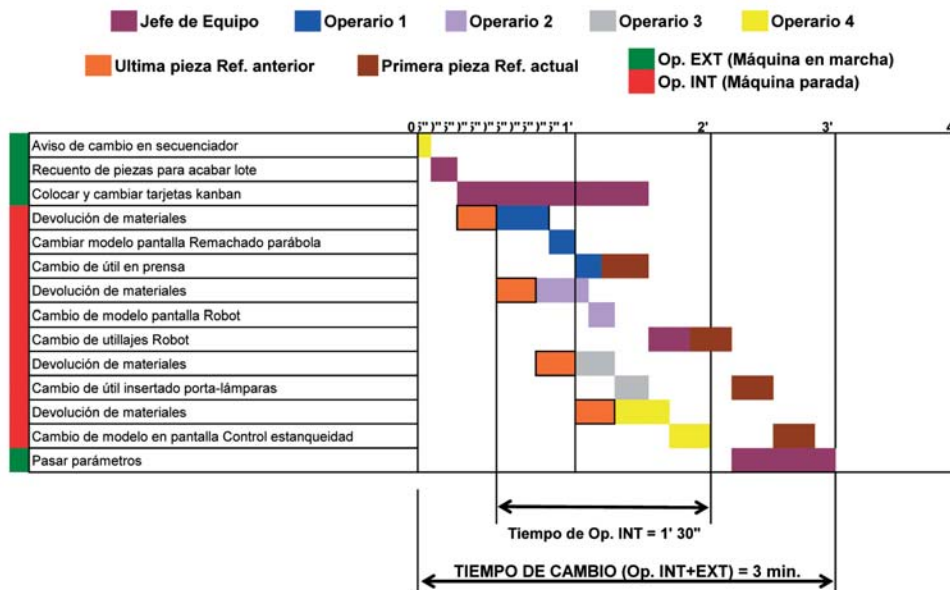
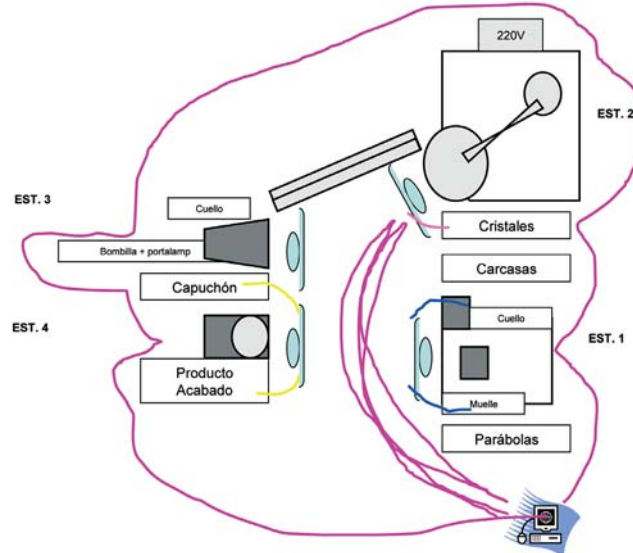


Diagrama de espagueti DESPUÉS



Se adjunta el dibujo del nuevo *diagrama de espagueti* de la línea, donde se aprecian los movimientos que ahora debe realizar el personal de la línea para realizar el cambio (los cuales se han reducido).

■ Jefe de Equipo ■ Operario 1 ■ Operario 2 ■ Operario 3 ■ Operario 4

FLUJO DE CAMBIO

Fecha: 13/11/2008 Línea de producción: MONTAJE Nº operarios: 4

Paso	OPERACIONES	Tiempo (segundos)				EXT	INT	1°			2°			3°			
		Manual	Automático	Tiempo solapado	Acumulado			20	40	60	20	40	60	20	40	60	
1	AVISO DE CAMBIO EN SECUENCIADOR	5,0			5,00												
2	RECuento DE PIEZAS PARA ACABAR LOTE	10,00			15,00												
3	CAMBIAR Y COLOCAR TARJETAS KANBAN	75,00			90,00												
4	DEVOLUCION DE MATERIALES	20,00		20,0	90,00												
5	CAMBIAR MODELO PANTALLA REMACHADO PARABOLA		10,0	10,0	90,00												
6	CAMBIO DE UTIL EN PRENSA	10,00		10,0	90,00												
7	DEVOLUCION DE MATERIALES	20,00		20,0	90,00												
8	CAMBIO DE MODELO PANTALLA ROBOT		10,0	10,0	90,00												
9	CAMBIO DE UTILAJES ROBOT	20,00			110,00												
10	DEVOLUCION DE MATERIALES	15,00		15,0	110,00												
11	CAMBIO DE UTIL INSERTADO PORTA-LAMPARAS	15,00		15,0	110,00												
12	DEVOLUCION DE MATERIALES	25,00		25,0	110,00												
13	CAMBIO DE MODELO EN PANTALLA CONTROL ESTANQUEIDAD		20,0	10,0	120,00												
14	PASAR PARAMETROS	60,00			180,00												
		275,00	40,00	135,00	180,00												

Tiempo de cambio (min) 3'
Op. Internas (min) 1' 30"

Los ahorros obtenidos con los utillajes y las instrucciones introducidos se resumen a continuación.

INDICADORES	ANTES (min.)	DESPUÉS (min.)	REDUCCIÓN (%)
Tiempo de cambio total	10	3	70
Tiempo de operaciones INT	5	1,5	70

Si se realiza una media de cuatro cambios de modelo al turno, *el ahorro diario* en minutos sería:

Tiempo de operaciones INT (antes – después) = 5 min. – 1,5 min. = 3,5 min. * 4 = 14 min. /turno.

Si la línea tiene un 83% de disponibilidad y sabiendo que:

Día de trabajo (un solo turno de 8 h x 60 min.): 480 minutos/día
 Pausas de descanso [1(30) min. + 2(10) min.]: 50 minutos/día

El tiempo máximo disponible diario es igual a: 480 min. de trabajo – 50 min. pausas = 430 minutos, de los cuales quedan realmente disponibles: 430 min. x 0,83 = 356,9 minutos. Parte de estos minutos “despilfarrados”, se deberán al tiempo perdido en cada cambio. Con el beneficio que supone el ahorro de minutos con el nuevo procedimiento de cambio, el tiempo total disponible pasará de 356,9 minutos a 370,9 minutos. A modo de resumen del nuevo procedimiento de cambio, se redacta una instrucción visual que se cuelga en la línea de producción para que en cualquier momento de duda ante un cambio sirva de consulta. Para finalizar el *workshop* se realiza una presentación al resto de personal de la línea, mandos intermedios y dirección, para explicar el trabajo realizado y el resultado obtenido.

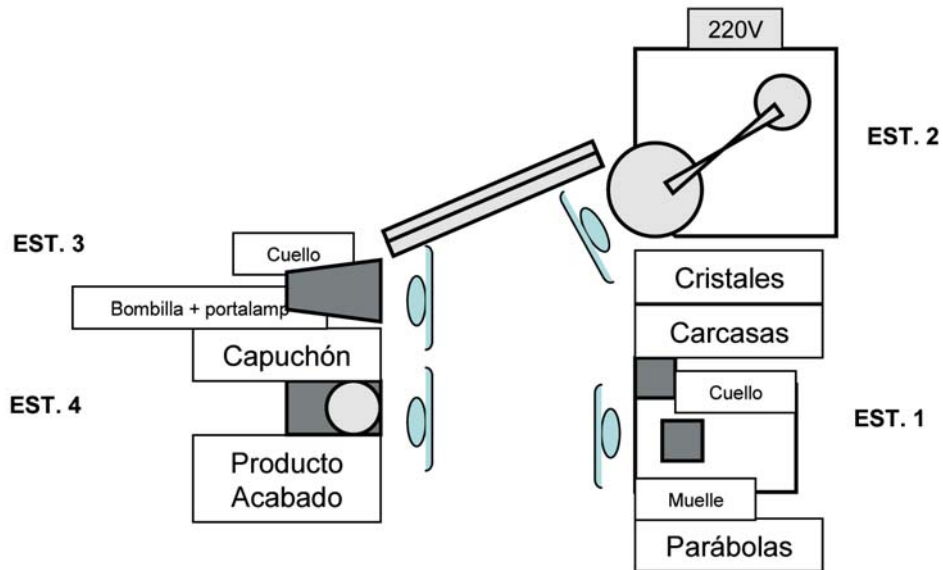
■ APLICACIÓN TPM



CASO PRÁCTICO

Para iniciar la implantación del TPM, se elige la línea de fabricación de faros, ya que al disponer de diferentes tipos de máquinas y operaciones, a menudo se

producen averías y últimamente se viene constatando un incremento de las mismas. Dicha línea se tomará como línea piloto para el resto, y servirá de aprendizaje sobre la aplicación de la herramienta TPM.



Dado que la implantación del TPM consta de cuatro pasos, tanto para el pilar de mantenimiento autónomo como para el pilar de proceso fiable, se empieza realizando un *workshop* donde se aplican los conceptos del primer paso.

Mantenimiento Productivo Total

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		PROCESO FIABLE
<p>Volver a situar la línea en su estado inicial.</p> <p>Eliminar las fuentes de suciedad y de difícil acceso.</p> <p>Aprender a inspeccionar el equipo.</p> <p>Mejora continua.</p>	<p>PASO 1</p> <p>↓</p>	<p>Implantación de un indicador como el (OEE).</p> <p>Aplicar PDCA para eliminar los desajustes.</p> <p>Mejorar el nivel de OEE.</p> <p>Mantener el nivel de OEE.</p>

Dado que el indicador OEE ya está implantado en el caso práctico que se viene siguiendo, los pasos a seguir para la implantación del TPM son: formación inicial y limpieza de la línea, identificación y reparación de anomalías, detección de los puntos de difícil acceso y fuentes de suciedad, redacción de las instrucciones de actuación y auditoría TPM.

FORMACIÓN INICIAL Y LIMPIEZA A FONDO DE LA LÍNEA

Una vez conformado el grupo de personas que participarán en el *workshop* de TPM paso 1, se desarrolla una sesión de formación inicial para explicar el concepto de TPM y sus objetivos.

Para volver a situar la línea en las condiciones iniciales (cuando fue entregada por el proveedor), el primer paso exige una limpieza a fondo, ya que durante los años de funcionamiento habrá acumulado suciedad. Tal como sugiere la propia palabra, limpieza significa eliminar suciedad, polvo, residuos y cualquier otro tipo de materia extraña que se adhiere a las máquinas, matrices, plantillas, herramientas, materiales, etc. Además de limpiar, se inspecciona el estado de la línea, ya que al tocar se descubren anomalías: calentamientos de motores, vibraciones, ruidos anormales, etc.



Se forman grupos de trabajo, cada uno de los cuales se encarga de limpiar una zona concreta de la línea. Es conveniente desmontar la máquina (elementos auxiliares, protecciones de seguridad, cintas transportadoras, etc.), para llevar a cabo una limpieza a fondo. Resulta muy recomendable fotografiar la línea para mostrar “el antes y el después”, una vez realizada la limpieza de la misma.

IDENTIFICACIÓN Y REPARACIÓN DE LAS ANOMALÍAS DE LA LÍNEA

Una vez realizada la limpieza inicial, se identifican las anomalías detectadas en la línea de producción, entendiéndose como anomalía algo que no funciona o que funciona pero está a punto de averiarse, como por ejemplo cables de instalaciones o de máquinas pelados, conectores sueltos, tornillos sueltos, soportes medio caídos, etc.

Para identificar las anomalías, se utiliza una tarjeta de anomalías (tarjeta tpm), que dispone de varios campos que permiten conocer cuándo se detectó la anomalía, quién la originó, dónde se produce la avería, etc. La forma de rellenar estos campos es la siguiente:

The diagram shows a yellow TPM Anomaly Card with the following fields and labels:

- Nombre de la línea**: Line
- Número de estación**: Station
- Nombre de la persona que ha lanzado la tarjeta TPM**: Name of the person who launched the TPM card
- Descripción de la anomalía (breve explicación de la situación)**: Description of the anomaly (brief explanation of the situation)
- Responsable de resolver la anomalía (persona asignada para llevarla a cabo)**: Responsible for resolving the anomaly (person assigned to carry it out)
- Fecha de la colocación de la tarjeta TPM**: Date of the placement of the TPM card

The card also features the logo for **eLeMan Consulting** and the text "Aplicación de Herramientas Lean Manufacturing".

Estas tarjetas TPM son de papel de copia y tienen tres hojas: una naranja, una azul y una blanca. La hoja naranja será la que se rellene y coloque en el lugar donde se ha detectado la anomalía, lo más cerca posible pero que no moleste para el trabajo normal de la estación. La hoja azul y blanca que siguen juntas se guardan. Al final del *workshop* se revisan las tarjetas entre todos los miembros del equipo y se les asigna responsable a cada tarjeta. A continuación se le entrega la hoja azul al responsable para dejar constancia del trabajo que tiene que realizar. Por último, la hoja blanca se queda en el panel de línea, en un plan de acciones que se coloca para su seguimiento.

Una vez identificadas todas las anomalías con tarjetas TPM, colocando la hoja naranja lo más cerca posible de la anomalía y guardando la hoja azul y la blanca, se comienzan a resolver las tarjetas TPM.



Tarjeta TPM

Cuando se resuelva una tarjeta TPM habrá que coger la hoja naranja que estaba colgada, apuntar que está solventada y guardarla para su posterior revisión por parte de todo el equipo. A continuación se apuntan diferentes acciones que pueden llevarse a cabo para solventar tarjetas TPM.

- *Sujeción de tornillos.* A veces se detectan piezas de conexión rotas o sueltas, tales como tornillos y tuercas, las cuales juegan un papel importante en cuestión de averías, como ocurre con un tornillo suelto en una brida en la junta de un tubo. La holgura o falta de elementos de anclaje provoca vibraciones, fracturas en matrices, productos defectuosos, fugas, etc. Los tornillos críticos que se encuentren flojos han de ser marcados con señales blancas para facilitar la identificación futura de holguras. Durante la segunda ronda de aprietes, a los elementos que se vuelvan a encontrar flojos han de ser marcados con señales rojas para indicar que requieren atención especial.
- *Eliminación de fugas de aire.* Las fugas de aire en los equipos de trabajo son bastante frecuentes e incómodas, y provocan averías en los equipos o que estos no trabajen correctamente. Además de la contaminación acústica que supone para la persona que está trabajando cerca de la fuga. Por lo tanto, es muy importante revisar las juntas de unión y conductos para eliminarlos y disponer de la presión necesaria en las estaciones de trabajo.
- *El factor humano.* Cuando se piensa en soluciones para averías se tiende a incidir solo en aspectos materiales (herramientas, recambios, etc.), despreciando el factor humano, y olvidando que una formación adecuada para operarios, técnicos de mantenimiento y directivos soporta cualquier esfuerzo necesario para alcanzar las cero averías. Muchas averías se producen por falta de habilidad, capacidad o mentalidad, pero los errores humanos a menudo no se detectan, lo cual dificulta su eliminación. La falta de concienciación de los operarios respecto a los equipos y las instalaciones se manifiesta visualmente en las condiciones de la planta, como por ejemplo:
 - Equipo y superficies sucias, descuidadas y deterioradas.
 - Falta de tornillos, tuercas y arandelas, lo que produce una cierta inestabilidad percibida visualmente.
 - Filtros de colectores de aire que necesitan limpiarse o sustituirse.
 - Lubricante sucio que debería haber sido cambiado con anterioridad.
 - Fugas de lubricante, aceite de corte o fluido hidráulico.

- Instrumentos de medida que no se pueden leer como consecuencia de la suciedad acumulada.
- Ruidos anormales.
- Máquinas que vibran (en consecuencia generan un ruido innecesario) o se balancean.

IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE DIFÍCIL ACCESO Y FUENTES DE SUCIEDAD

Con la línea de producción limpia y parte de las tarjetas TPM solventadas, deben de identificarse en toda la línea cuáles son los focos de suciedad y los puntos de difícil acceso de la línea que impiden la limpieza, la inspección y el engrase. Observando la línea estación por estación, se localizan unos cuantos puntos con una compleja accesibilidad.

PLAN DE ACCIONES DE PUNTOS DE DIFÍCIL ACCESO					
Línea: MONTAJE			Fecha: 12-mar-06		
Nº	Problema	Acción	Estación	Emisor	Fecha Previsión
1	No se puede limpiar debajo del cuadro eléctrico del remachado de parábola		EST. 1	wsh TPM	wsh TPM paso2
2	Parte trasera bancada robot no accesible		EST. 2	wsh TPM	wsh TPM paso2
3	El cableado por el suelo montaje sistema alumbrado impide barrer		EST. 3	wsh TPM	wsh TPM paso2
4	Dificultad para limpiar la bancada control estanqueidad		EST. 4	wsh TPM	wsh TPM paso2
5	Electroválvulas en general no se pueden limpiar bien		General	wsh TPM	wsh TPM paso2

Se define un foco de suciedad como aquel lugar en el que aunque se limpie a cada momento, se sigue generando suciedad. Los focos de suciedad son:

PLAN DE ACCIONES DE FUENTES DE SUCIEDAD					
Línea: MONTAJE			Fecha: 12-mar-06		
Nº	Problema	Acción	Estación	Emisor	Fecha
1	Prensa remachado parábola pierde aceite		EST. 1	wsh TPM	wsh TPM paso2
2	Vírtas metálicas en robot fijación carcasa cristal		EST. 2	wsh TPM	wsh TPM paso2
3	Polvillo metálico en fijación sistema alumbrado		EST. 3	wsh TPM	wsh TPM paso2
4	Útil control estanqueidad		EST. 4	wsh TPM	wsh TPM paso2
5	Rampas de piezas de las estaciones		General	wsh TPM	wsh TPM paso2

Todos los puntos de difícil acceso y focos de suciedad se solventarán en el próximo workshop de TPM que se realice en la línea y que hará referencia al *paso 2*. En este primer *workshop de paso 1* solo se denuncia.

INSTRUCCIONES DE ACTUACIÓN TPM. *PLANNING DE LIMPIEZA*

Una parte fundamental del concepto de TPM es el de mantenimiento de las condiciones en las que ha quedado la línea tras una limpieza realizada y mediante la solución de las tarjetas de anomalías TPM. Sin una labor de mantenimiento al cabo de poco tiempo, la línea volverá a estar en malas condiciones. Como lo que se pretende con el TPM es la implicación del personal de la línea (mantenimiento productivo total) en asumir pequeñas intervenciones de línea, como ajustes que haya que realizar en las máquinas, inspecciones visuales, pequeños engrases, etc., tareas simples que hagan la función de sencillos preventivos que prevengan posibles averías, debe facilitarse el trabajo lo máximo posible, y para ello se crean unas instrucciones TPM basadas en la gestión visual mediante fotos y dibujos que permitan realizar estas tareas de forma sencilla.

Lubricación

Como es sabido, la lubricación previene el deterioro y preserva la fiabilidad del equipo. Las pérdidas derivadas de una lubricación inadecuada se explican bien por obstrucciones, o bien por una lubricación insuficiente que genera pérdidas indirectas: mayor número de defectos, incremento de los tiempos de ajuste, disminución de la exactitud operativa en las partes móviles y sistemas hidráulicos, mayor desgaste y, en consecuencia, acelera el deterioro. Las medidas a adoptar para asegurar que la lubricación es adecuada son:

- Identificar claramente los lubricantes a utilizar, asignando un color para cada uno de ellos. Además, codificar mediante colores los contenedores, las varillas de nivel y los puntos de lubricación, con el objetivo de facilitar el control visual.
- Disponer de áreas de almacenaje señalizadas y determinar sistemas de lubricación centralizados y etiquetas tanto de identificación como de instrucciones.
- Asegurar que los niveles de aceite (máximo y mínimo) sean claramente visibles.
- Preparar esquemas o dibujos de lubricación, con el fin de evitar que se ignoren puntos a lubricar y facilitar su verificación.

Finalmente, la lubricación no sirve de nada, aunque se efectúe con frecuencia, si sus mecanismos no funcionan o no están en buenas condiciones, como por ejemplo: suciedad en los depósitos de aceite, los lubricadores o los engrasadores, tubos obstruidos por sedimentos, etc.

- Códigos de colores para indicar los puntos de engrase.
- Etiquetas indicando el nivel de aceite y el periodo de reposición.
- Indicaciones del nivel máximo y mínimo de aceite y del consumo estándar de aceite por unidad de tiempo.
- Código de colores en los bidones de aceite para indicar los diferentes tipos.

Se debe prestar especial atención en la eficacia de las instrucciones de inspección para reducir defectos de calidad. Los operarios deben comprobar que los nuevos procedimientos estándares no son contradictorios con la calidad del producto.

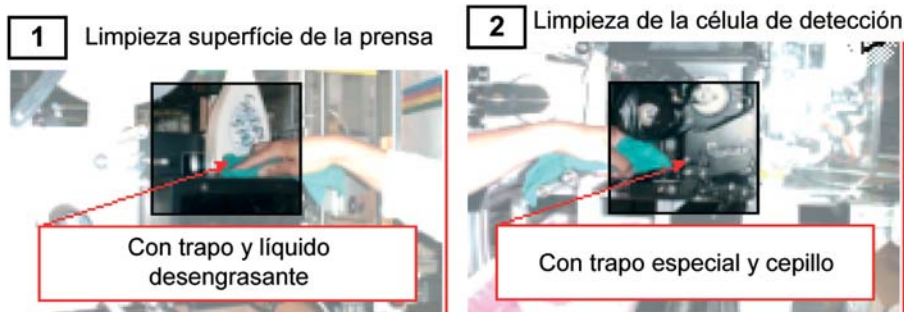
En el transcurso del *workshop*, se crean una serie de instrucciones de actuación TPM para la línea de producción, donde quedan especificadas todas las acciones preventivas necesarias a realizar.

Son los técnicos de mantenimiento quienes enseñan a los operarios cómo llevarlas a cabo, siempre con el objetivo de prevenir fallos inesperados en los equipos. Los operarios conocen las características de un funcionamiento normal y abandonan la idea de que la inspección y el mantenimiento son una responsabilidad exclusiva del personal de mantenimiento. Algunas de las acciones que contemplan instrucciones creadas para las diferentes estaciones de trabajo son, por ejemplo:

- Comprobar el nivel de aceite, engrase y las fugas.
- Hacer pequeños engrases.
- Comprobar que no hay tubos cortados en el circuito hidráulico.
- Verificar los manómetros y las pantallas.
- Comprobar los pulsadores de emergencia.

Instrucción de Actuación TPM

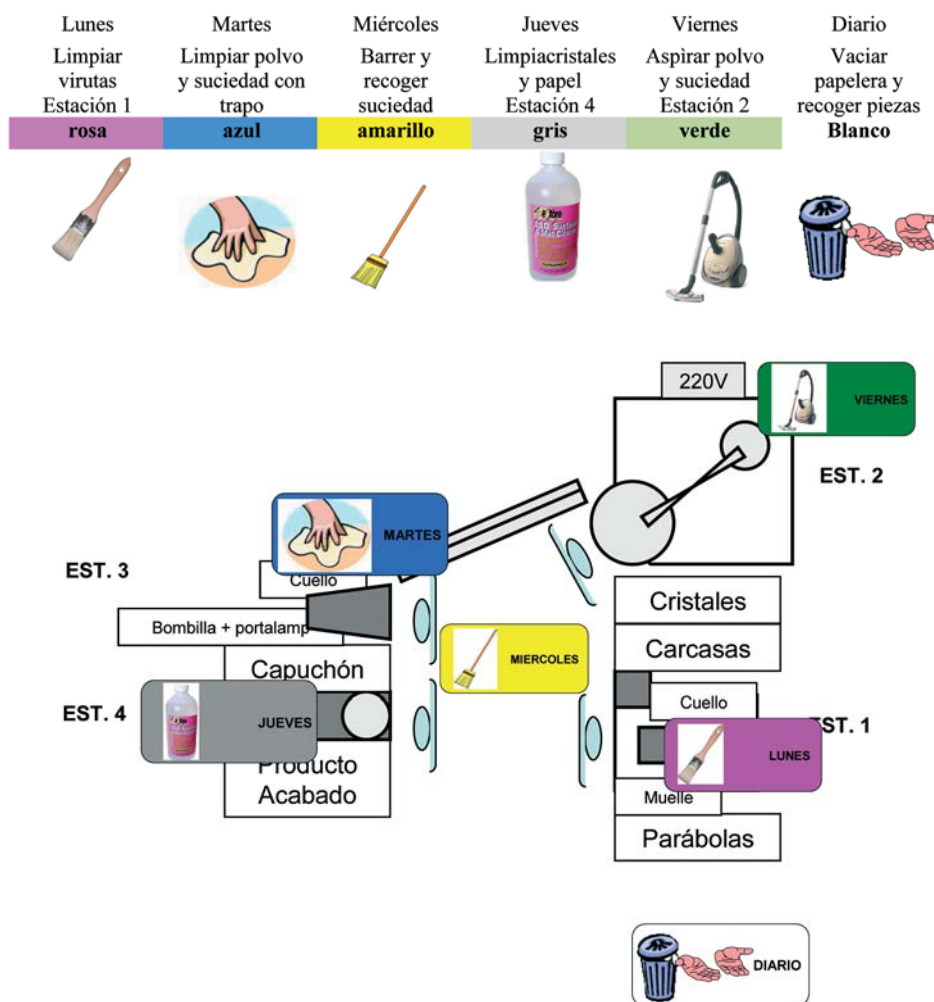
Título: Limpieza detección prensa estación 1



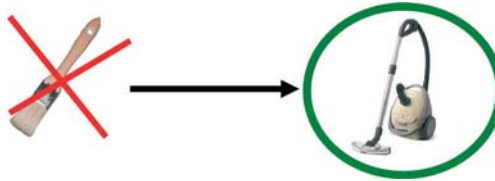
Creado:	Antonio Fernández	Aprobado:	Alberto Ruiz
Fecha:	12-mar-06	Fecha:	12-mar-06

Para la correcta aplicación del TPM, las instrucciones de actuación creadas como acciones preventivas a realizar por parte de los operarios se sitúan y colocan de forma visible en la estación conveniente.

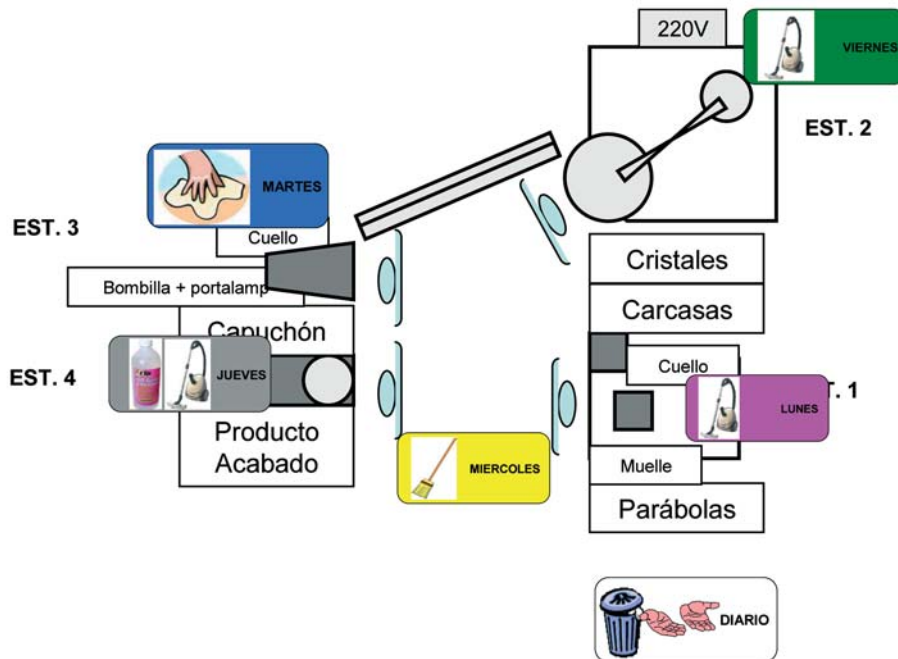
Con el fin de seguir manteniendo la línea en buen estado de visita es primordial que se siga con la limpieza de forma periódica, utilizando el *planning* de limpieza creado en el *workshop* de 5S, comprobando que éste se adecúa perfectamente a las necesidades actuales para el mantenimiento del TPM, y en caso de que no fuera así, completarlo con las acciones necesarias. En nuestro caso particular, el *planning* de limpieza 5S original de la línea es el siguiente:



Una vez realizada la limpieza inicial se comprueba que se necesita cambiar el pincel que se utiliza en la estación 1 para la limpieza de viruta del remachado, ya que no acaba de quedar bien limpia la zona del útil y se desplaza viruta al resto de la bancada de la máquina y al suelo.



También se necesita aspirar en la estación 4, el control de estanqueidad, ya que se quedan partículas que son difíciles de eliminar. En este caso, además de utilizar papel y líquido, se utiliza también un aspirador.



Acabados los días intensivos de *workshop*, la línea ya trabaja en TPM, ya que se sigue el plan de acciones de las tarjetas de anomalía que surgieron durante el *workshop*, y las nuevas que se han ido colocando. Se mantienen y se aplican tanto las instrucciones de actuación TPM como el *planning* de limpieza con las modificaciones hechas, y el personal de línea está concienciado y ve como algo positivo la herramienta TPM en su trabajo diario. Ahora solo queda ver si la línea consigue tener el nivel necesario para poder decir que ha conseguido el paso 1 del TPM y poder así, seguir avanzando en su implantación.

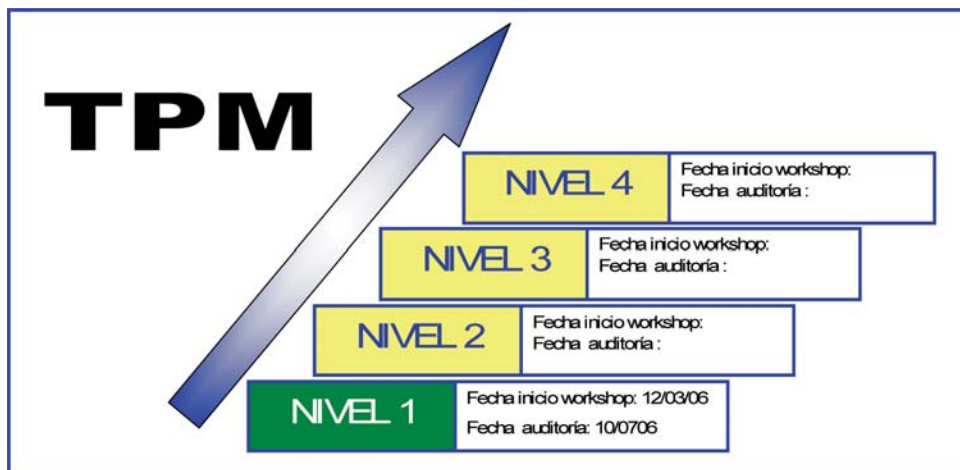
AUDITORÍA TPM

Dado que la herramienta TPM es un proyecto que consta de cuatro pasos, antes de pasar de uno al siguiente se debe comprobar mediante una auditoría, que la línea mantiene el buen estado de TPM conseguido. La fecha de la auditoría es propuesta por el equipo que ha participado en el *workshop* y que forma parte de los seguimientos semanales. La auditoría consta de una serie de preguntas que deben ser contestadas con un “sí” en su totalidad para poder aprobarla, ya que con un solo “no”, la auditoría queda anulada y habrá que repetirla. Una vez se ha superado la auditoría paso 1 (o primer nivel), se puede afirmar que la línea de producción ha obtenido el primer paso de TPM y está preparada para seguir la implantación.

A continuación se adjunta un ejemplo de auditoría de paso 1. Para identificar de alguna manera que la línea ha conseguido la certificación de paso 1 en TPM, se coloca en el tablero de la línea un cuadro donde aparezca marcado en verde el primer nivel de TPM, el día en que se inició la tarea TPM y el día en que se aprobó la auditoría.

TPM AUDITORÍA PASO 1			
Línea:	Fecha:		
CONCEPTO	OK	NOK	COMENTARIOS
¿Se ha realizado la limpieza?			
¿El personal de la línea se ha formado en TPM?			
¿El personal de la línea conoce los estándares de la línea?			
¿Los indicadores de proceso OEE están actualizados?			
¿Los puntos de difícil acceso han sido identificados?			
¿Se han identificado los focos de suciedad?			
¿El <i>planning</i> de limpieza y las instrucciones están disponibles?			
¿Se han resuelto el 75% de las tarjetas de anomalía TPM?			
¿Está disponible el material de limpieza?			
¿Se practica la limpieza 5S de la línea?			
¿Se utilizan siempre las tarjetas TPM?			
¿Está actualizado el plan de acciones?			

Validación	Firma
Responsable de Producción	
Responsable <i>Lean</i>	
Responsable de Mantenimiento	
Líder Lean	
Operario	

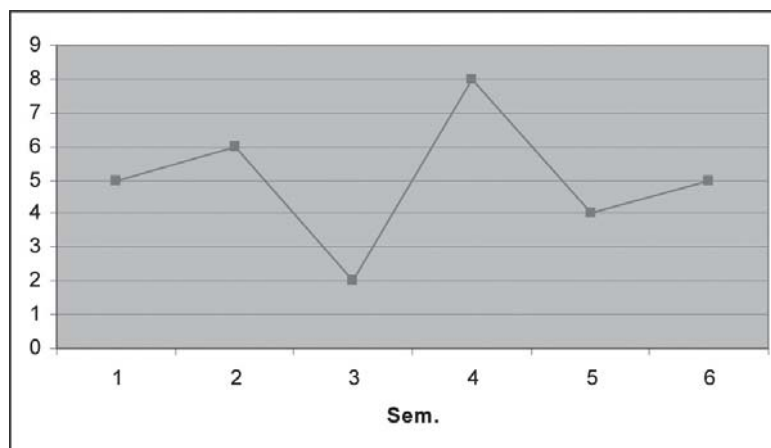


5

Indicadores

*Comprender es difícil.
Una vez que se comprende,
la acción es fácil.*

SUN YAT-SEN



Una vez se han visto las diferentes herramientas que pueden utilizarse para mejorar la productividad y la competitividad de la empresa, y como éstas deben ser utilizadas, un factor clave será cómo saber que las mejoras implantadas realmente obtienen su fruto. Es importante conocer si los esfuerzos humanos y las pequeñas inversiones materiales resultan de provecho y son técnicamente viables. Para ello será necesario utilizar indicadores que traduzcan a números las acciones realizadas.

IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS LEAN



CONCEPTO CLAVE

La mejor manera de que las personas contribuyan a una iniciativa de implantación de las técnicas *lean*, es que puedan disponer de elementos que permitan medir el efecto de sus esfuerzos en actividades de mejora. La medición es clave para un cambio exitoso y sostenible. La correcta implantación de un sistema de medidas y el hecho de aprender de los resultados obtenidos son también elementos importantes. También es necesaria la colaboración del área financiera para determinar el efecto económico de las mejoras. Los indicadores deben ser fáciles de entender y que faciliten mediciones específicas. Al mismo tiempo, cabe citar que las mediciones son claves para establecer recompensas, especialmente en los primeros pasos de la implantación del *lean manufacturing*.

Por otro lado, los parámetros mejor ajustados a una organización dependen de las características particulares del proceso. Algunos de los parámetros comunes pueden ser los siguientes: rotaciones de stocks, número de defectos, número de entregas fuera de plazo, etc.

Para la utilización de los parámetros deben implicarse todos los responsables de los cambios, los datos han de recogerse de forma fácil y fiable, donde sea más útil y en el momento oportuno. Los pasos para identificar estos indicadores son:

- Revisar y preparar una lista de parámetros comunes y los objetivos de clientes, u otras metas de mejora documentadas por el equipo de trabajo.
- Realizar una ronda de intercambios de ideas con la dirección para confirmar el acuerdo y el compromiso con los parámetros.
- Calcular mediciones que sirvan de referencia.

Evidentemente, cada industria precisa de una lógica específica donde sus parámetros de competitividad se articulen de forma diferente, por lo que se necesita definir la actividad de la empresa para comprender su problemática específica.

INDICADORES PRINCIPALES

En primer lugar, hay que decir que no existe un listado definido de indicadores a utilizar al inicio de cada proyecto sino que cada consultor o técnico empleará los más adecuados a la situación particular en la que se encuentre.

Aunque si bien es verdad que existen una serie de indicadores “básicos” válidos para casi la totalidad de los proyectos que se realizan. A continuación se presentan los más comunes.

NPH (*NON PRODUCTIVE HOURS*): MEDIDA DEL TIEMPO DE PARO POR LÍNEA

El indicador NPH considera los minutos totales de paro de operarios que se han producido en una línea (por tanto, multiplica los minutos de paro de la línea por el número de operarios que se encuentran en ella). Para homogeneizar este valor y poder analizar su evolución histórica, se expresa en “minutos por turno”.

$$NPH = \frac{\text{Tiempo paros con personas (min.)} * n^{\circ} \text{ operarios parados}}{\text{Tiempo funcionamiento informado}} [x \text{ min./turno}] = \text{min.}$$

Tiempo funcionamiento informado: tiempo disponible utilizado durante el turno

TPU (*TIME PER UNIT*): TIEMPO POR PIEZA

El tiempo que se necesita para fabricar una unidad se denomina "tiempo por pieza" (TPU) y para su cálculo solo se consideran los operarios de la línea y en consecuencia no se consideran los mandos intermedios o el personal encargado de las tareas de mantenimiento o aprovisionamiento de la línea.

$$TPU = \frac{\text{Tiempo funcionamiento informado (min.)} * n^{\circ} \text{ operarios}}{\text{Piezas OK}} = \text{min.}$$

OEE (*OVERALL EFFICIENCY EQUIPMENT*): EFICIENCIA GLOBAL DE EQUIPOS

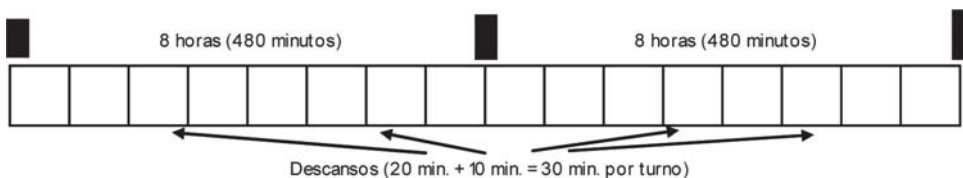
La "eficiencia global de los equipos" (OEE) es un indicador, que se calcula diariamente para cada equipo y establece la comparación entre el número de piezas que podrían haberse producido (si todo hubiera ido perfectamente) y las unidades que realmente se han producido. Para la utilización de este indicador se dispone de los siguientes índices: Índice de Disponibilidad, Índice de Eficiencia e Índice de Calidad. La OEE es el producto de estos tres índices, de manera que:

OEE= Índice de Disponibilidad x Índice de Eficiencia x Índice de Calidad.

$$OEE = (IDisp) (IEf) (ICal) [\%]$$

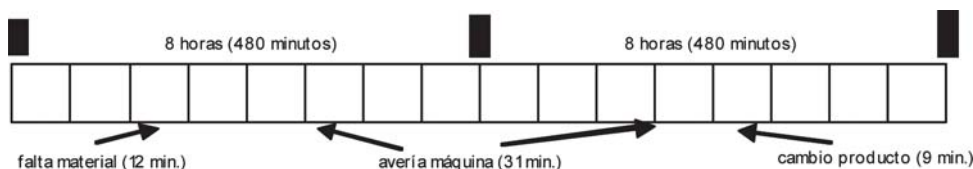
A continuación se procede al cálculo de estos tres índices, empezando por el de disponibilidad:

ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD		
a	Tiempo total disponible:	900 min.
b	Otros tiempos de parada: Averías, reuniones, falta de material, cambios de producto, etc.:	52 min.
c	Tiempo utilizado (a - b):	848 min.
d	Índice de Disponibilidad: [(c/a) 100]	94,2%



Tiempo total disponible

Tiempo programado	2 turnos x 480 min.= 960 min.
Tiempo total disponible	900 min. (2 turnos x 450 min.)



Disponibilidad

Tiempo programado	960 min.
Tiempo total disponible	900 min.
Tiempo utilizado	848 min.
	Paradas no programadas 52 min. (averías, falta de material, cambios,...)
	Paradas programadas 60 min.

94,2%

ÍNDICE DE EFICIENCIA		
a	Nº total de piezas producidas (buenas y malas):	7.827 piezas
b	Cadencia ideal (a máximo):	100 piezas/h
c	Tiempo utilizado (ya calculado):	848 minutos
d	Piezas máximas teóricas [b (c/60)]:	8.480 piezas
e	Índice de Eficiencia [(a/d) 100]	92,3%

Eficiencia

Tiempo programado		960 min.
Tiempo total disponible 900 min.		Paradas programadas 60 min.
Tiempo utilizado 848 min.		Paradas no programadas 52 min.
Tiempo neto operativo 783 min.	Incidencias (pérdidas por rendimiento) 65 min.	Microparos, formación de personal,...
		92,3%

ÍNDICE DE CALIDAD		
a	Nº total de piezas defectuosas:	266 piezas
b	Nº total de piezas buenas:	7.561 piezas
c	Nº total de piezas producidas (a + b):	7.827 minutos
d	Índice de calidad [(b/c) 100]	96,6%

Ratio de calidad

Tiempo programado		960 min.	
Tiempo total disponible 900 min.		Paradas prog. 60 min.	
Tiempo utilizado 848 min.		Paradas no programadas 52 min.	
Tiempo neto operativo 783 min.		Incidencias (pérdidas por rendimiento) 65 min.	Microparos, formación,...
Tiempo efectivo real	Pérdidas de calidad (defectuosi- dad)	Piezas producidas defectuosamente, piezas perdidas por desajustes de máquinas	
757 min.	26 min.		
			96,6%

Con los datos disponibles es posible calcular el índice OEE:

CÁLCULO DEL OEE		
a	Índice de Disponibilidad:	94,2 %
b	Índice de Eficiencia:	92,3 %
c	Índice de Calidad:	96,6 %
	OEE [a] [b] [c]	84 %

$$\text{Calculo OEE} = \frac{\text{Tiempo efectivo real}}{\text{Tiempo total disponible}} = \frac{757 \text{ min}}{900 \text{ min}} = 84\%$$

$$\text{Disponibilidad} * \text{Eficiencia} * \text{Calidad} = (94,2) (92,3) (96,6) = 84\%$$

PPM INTERNAS (PARTS PER MILLION): PARTES POR MILLÓN

El indicador partes por millón tiene una relación inversa con el ratio de calidad de la OEE (con el cambio de la escala de % a ppm).

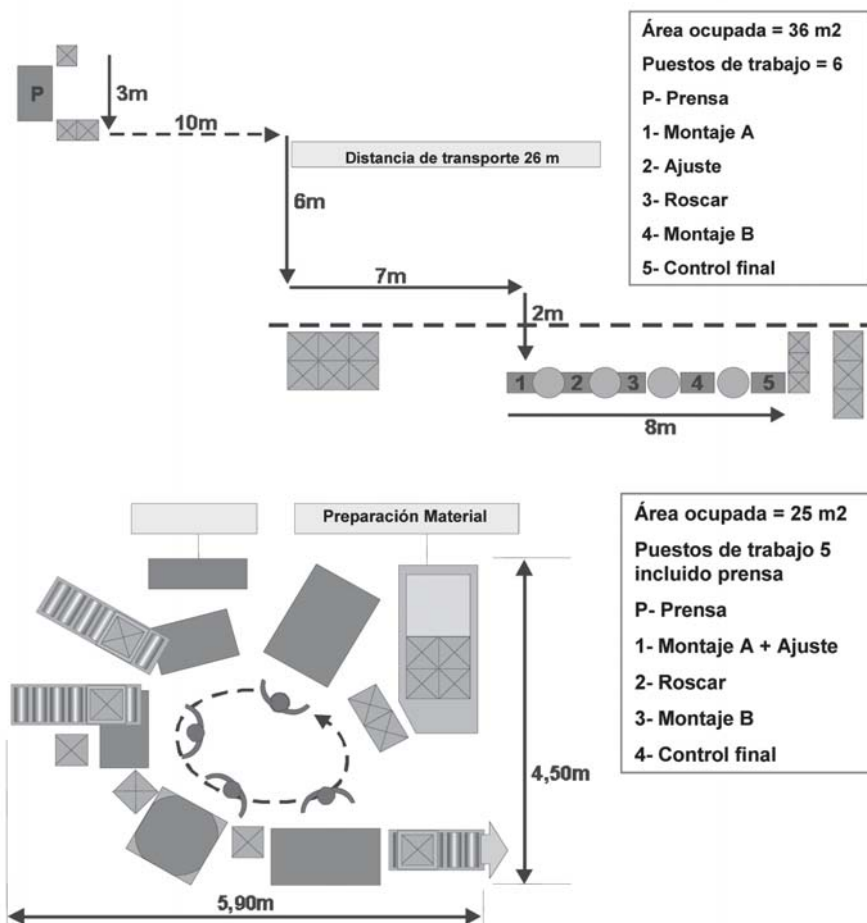
$$\text{PPM internas} = \frac{\text{Piezas NOK}}{\text{Piezas OK} + \text{Piezas NOK}} (1.000.000) = (\text{ppm})$$

SUPERFICIE LIBERADA (REDUCCIÓN DE METROS CUADRADOS UTILIZADOS)

La reducción de metros cuadrados utilizados determina el ahorro que supone la liberación de espacio tras la implantación de una acción de mejora, tal como se observa en el ejemplo siguiente.

$$M^2 = (\text{m}^2 \text{ ocupados antes} - \text{m}^2 \text{ ocupados después}) = (\text{m}^2)$$

$$M^2 = (\text{m}^2 \text{ ocupados antes} - \text{m}^2 \text{ ocupados después}) = 36 - 25 = 11 \text{ m}^2$$



TIEMPO DE CAMBIO DE PRODUCTO

El tiempo de cambio es el tiempo que se tarda en realizar el cambio de fabricación de un producto A a otro producto B (que cumpla las especificaciones de fabricación). Este tiempo se mide con un cronómetro y obviamente el ahorro de tiempo representa una reducción del tiempo de cambio.

$$\text{Tiempo de cambio} = (\text{T cambio}_{\text{OP. INT. Antes}} - \text{T cambio}_{\text{OP. INT. Después}}) = \dots(\text{min.})$$

OTROS INDICADORES

Para poder evaluar la implantación de una mejora y disponer de una idea de su rentabilidad, se pueden utilizar otros tipos de indicadores:

INDICADOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Rotaciones de inventario	Ud.	Las rotaciones de inventario son una medida excelente de la productividad de las empresas manufactureras. El objetivo, que no siempre es posible alcanzar, es rotar el inventario tan rápidamente que se reciba el pago de los productos antes de pagar la materia prima.
Piezas por turno	Ud.	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen global de producción presentada en unidades físicas (artículos producidos). • Volumen global de horas producidas calculado a partir del producto entre el tiempo estándar y el número de artículos producidos.
Productividad por trabajador	Ud./operario	Se puede calcular el cociente entre las piezas producidas y el número de operarios. Otras fórmulas de cálculo son: <ol style="list-style-type: none"> 1. Tasa de valor añadido: cociente entre el valor añadido y el volumen de producción. 2. Valor añadido por empleado: cociente entre el valor añadido y el número de empleados. 3. Valor añadido por empleado de producción: cociente entre el valor añadido y el número de operarios de producción.
Distancia recorrida	metros	Metros recorridos por los operarios en el desarrollo de sus tareas. El <i>diagrama de espagueti</i> constituye una buena herramienta para el estudio de este indicador.

Finalmente, también debería apuntarse la necesidad de medir la moral de los operarios, de forma que se conozca su motivación. Como ejemplo de este tipo de indicadores se pueden citar: el índice de absentismo, los ahorros conseguidos con propuestas de mejora, el número de operarios implicados y la cantidad de sugerencias propuestas e implantadas por operario y año.

G

Glosario

Andon	Es una luz o lámpara (generalmente en forma de semáforo) para el paro y aviso de la línea de producción en caso de la detección de anomalías. Este sistema permite la comunicación entre los trabajadores.
Caja heijunka	La caja <i>heijunka</i> (o caja de nivelación), es un mecanismo físico usado para gestionar el volumen de producción en volumen y variedad, nivelando dicha producción durante un cierto periodo de tiempo en función de esos dos factores.
Calidad total	La calidad total se define como un compromiso con la mejora de la empresa en términos de hacer las “cosas bien a la primera”, para alcanzar la plena satisfacción del cliente tanto interno como externo. La calidad total se logra a través de mediciones constantes y esfuerzo continuo.
Condiciones operativas	Las condiciones operativas son las que permiten trabajar a plena capacidad.
Defecto	Un defecto es un producto que se desvía de las especificaciones o no satisface las expectativas del cliente, incluyendo los aspectos relativos a seguridad. (UNE-EN-ISO 8402:1994).
Despilfarro	Actividades que consumen tiempo, recursos y espacio, pero no contribuyen a satisfacer las necesidades del cliente.
Error	Un error es cualquier desviación respecto a un objetivo fijado. Todos los defectos son creados por errores.
Flujo continuo	Es el sistema de “mover uno, producir uno” (o “mover un pequeño lote, fabricar un pequeño lote”).
Fuguai	Defecto.

Heijunka	Metodología que sirve para planificar y nivelar la demanda de clientes en volumen y variedad durante un día o turno de trabajo.
Hoshin	En japonés <i>hoshin</i> significa brújula, y es el conjunto de actividades que tienen por objetivo la eliminación sistemática del despilfarro y todo aquello que resulte improductivo, inútil o que no aporte valor añadido al producto.
Jidoka	Es el nombre que el sistema de control autónomo de defectos, basado en que un empleado puede parar la máquina si algo va mal, lo que implica otorgar la responsabilidad a cada operario para aquello que realiza en su entorno de trabajo.
Just in Time	Consiste en producir los artículos necesarios en el momento preciso, en las cantidades debidas para satisfacer la demanda combinando simultáneamente flexibilidad, calidad y coste.
Kaizen	<i>Kaizen</i> significa “cambio para mejorar”, de manera que no se trata solamente de un programa de reducción de costes, si no que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas; es lo que se conoce comúnmente como “mejora continua”.
Kairyo	Se trata de mejoras de “grandes pasos” y se obtiene a partir de innovaciones tecnológicas u organizativas. Implica inversiones de capital.
Kanban	Se denomina <i>kanban</i> a un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas (aunque pueden ser otro tipo de señales), que consiste en que cada proceso retira conjuntos que necesita de los procesos anteriores, y estos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica y estos con la línea de montaje final.
Kanban de producción	El <i>kanban</i> de producción es una tarjeta que indica qué y cuánto hay que fabricar para el proceso posterior o siguiente. El <i>kanban</i> de producción se mueve dentro de un mismo lugar de trabajo y funciona como una orden de fabricación.

Kanban de producción	El <i>kanban</i> de producción es una tarjeta que indica qué y cuánto hay que fabricar para el proceso posterior o siguiente. El <i>kanban</i> de producción se mueve dentro de un mismo lugar de trabajo y funciona como una orden de fabricación.
Lean manufacturing	Entendemos por <i>lean manufacturing</i> (en castellano producción ajustada), la persecución de una mejora simultánea en todas las métricas de funcionamiento en fabricación mediante la eliminación del desperdicio, a través de proyectos que cambian la organización física del trabajo en la línea de fabricación, en la logística y en el control de producción a través de toda la cadena de suministro, y en la forma en que se aplica el esfuerzo humano, tanto en las tareas de producción como en las de apoyo.
Mantenimiento predictivo	El mantenimiento predictivo consiste en la detección y diagnóstico de averías antes de que se produzcan, para poder programar paradas para reparaciones en los momentos oportunos.
Mantenimiento preventivo	El mantenimiento preventivo es la reducción del número de paradas como consecuencia de averías imprevistas. En su planteamiento tradicional, el mantenimiento preventivo se basa en paradas programadas para realizar una inspección detallada para sustituir las piezas desgastadas.
Matriz de autocalidad	La matriz de autocalidad es un indicador gráfico que expone: la frecuencia en que se producen los defectos y el lugar donde se generan y detectan. Además, permite visualizar la eficacia de las acciones tomadas en tiempo real.
Parada menor	Se produce una parada menor cuando la producción se interrumpe como consecuencia de una anomalía temporal o cuando una máquina está inactiva.
Pérdidas por balanceo	Son las que se producen cuando hay uno o varios procesos que consumen más tiempo que el resto, presentando los otros procesos un tiempo ocioso, es decir un tiempo superior al realmente necesario.
Poka Yoke	Es una técnica que ayuda a conseguir los cero defectos, mejorando la calidad del producto y del proceso. Generalmente, son mecanismos o dispositivos que una vez instalados, evitan los defectos al 100% aunque se cometan errores.

Polivalencia de los operarios	La polivalencia de los operarios es la capacidad para trabajar en varios puestos o con varias herramientas diferentes.
Preparación	La preparación de máquinas y equipos comprende las operaciones de cambio y montaje que deben hacerse antes de empezar un trabajo.
Preparación interna	Toda aquella operación de preparación que se realiza con la máquina parada.
Preparación externa	Toda aquella operación de preparación que se realiza con la máquina en marcha.
Seiketsu	Estandarizar la forma de trabajar.
Seiri	Eliminar o erradicar lo innecesario para el trabajo.
Seiso	Limpiar e inspeccionar el área o entorno de trabajo.
Seiton	Ordenar con el lema “cada cosa en su lugar un lugar para cada cosa.
Shitsuke	Disciplina, forjar el hábito de comprometerse.
Sistema pull	Se trata de un sistema basado en que cada proceso retira las piezas del proceso anterior en el instante y en la cantidad en que las va necesitando. Todo ello con el objetivo de conseguir un flujo continuo de producción.
SMED	Siglas que corresponden a <i>Single Minute Exchange of Die</i> , o “cambio rápido de herramienta”.
Stock “buffer”	Son artículos acabados para satisfacer la demanda de clientes cuando varía la pauta de pedidos o el <i>takt time</i> .
Stock de seguridad	Son artículos acabados disponibles para satisfacer la demanda de clientes cuando haya restricciones o ineficiencias que interrumpan el flujo del proceso.
Takt Time	Es el tiempo en que una pieza debe ser producida para satisfacer las necesidades del cliente. En otras palabras, es la frecuencia en la cual un producto acabado sale de la línea de producción.


Tarjeta roja	Distintivo en forma de tarjeta de color rojo que se utiliza para señalar los objetos susceptibles de ser eliminados por obsolescencia o desuso.
Tiempo de paso	Es el producto del <i>takt time</i> (definida por la demanda de los clientes) por la cantidad conjunta (definida por la empresa).
Tiempo de ciclo	Es el tiempo que transcurre desde el inicio hasta el final de una operación.
Tiempo de ciclo total	Es la suma de todos los tiempos de ciclo de las operaciones individuales de un proceso.
Tiempo de despilfarro	Es el tiempo que incluye la búsqueda de plantillas y herramientas, esperas de carros o grúas y otras actividades no productivas no directamente relacionadas con los procedimientos de preparación.
Tiempo de preparación	Es la suma del tiempo de preparación interno y el tiempo de preparación externo.
Tiempo de preparación externo	Es el tiempo invertido por el operario realizando procedimientos de preparación independientes de la máquina mientras ésta está en marcha.
Tiempo de preparación interno	Es el tiempo durante el cual la máquina no añade ningún valor a la pieza.
TPM	El TPM es un conjunto de técnicas orientadas a realizar un mantenimiento preventivo de los equipos, por parte de todos los empleados, para minimizar los tiempos de parada por avería.
Valor añadido	Es una actividad que transforma o forma la materia prima o información para satisfacer las necesidades del cliente.
Yaruude	En fonética japonesa es la competencia habilidad o destreza para poder llevar a cabo unas tareas asignadas.

T

Test de autoaprendizaje

Señalar las siguientes frases con V o F según sean ciertas o falsas.

1. La empresa japonesa se distingue por el alto grado de colaboración del personal a todos los niveles, en diferentes actividades, para la mejora del trabajo realizado.	V	F
2. La implantación de la filosofía <i>kaizen</i> implica el trabajo individual de cada operario en su puesto de trabajo.	V	F
3. De acuerdo con el Dr. Ishikawa, el Control Total de la Calidad se encuentra totalmente integrado con las restantes funciones de la empresa.	V	F
4. El concepto <i>just in time</i> no es exclusivamente un procedimiento de control de materiales y stocks.	V	F
5. El sistema de producción <i>just in time</i> fue desarrollado por Taiichi Ohno, primer vicepresidente de Toyota Motor Corporation, inspirándose solo en el entorno de trabajo de las empresas japonesas.	V	F
6. En una empresa donde el tiempo de flujo es superior al plazo de entrega es absurdo pensar en la aplicación del sistema <i>just in time</i> .	V	F
7. El concepto de Control Total de la Calidad fue empleado por primera vez por el Dr. Feigenbaum en Estados Unidos a través de la revista <i>Industrial Quality Control</i> , en mayo de 1957.	V	F
8. En general, en occidente las mejoras en el sistema de producción son continuas (o de ciclo corto) mientras que en Japón son únicas (o de ciclo largo).	V	F
9. La formación tanto inicial como continuada no son elementos esenciales en Japón.	V	F

10. En los sistemas de empujar se consigue reducir el tiempo de fabricación y la cantidad de productos en curso porque los operarios solo producen los artículos cuando son necesarios por el proceso siguiente.	V	F
11. La metodología de las 5S solo es indicada para empresas manufactureras.	V	F
12. El periodo de ejecución de las 5S se debe plantear a corto plazo.	V	F
13. Los resultados de la implantación de las 5S solo son intangibles o cualitativos.	V	F
14. La metodología de las 5S no permite que el operario disponga, sobre la mesa de trabajo, de una botella de agua para beber.	V	F
15. Según la metodología de las 5S se pueden esconder (en cajones y armarios), los elementos obsoletos porque “pueden ser útiles más adelante”.	V	F
16. Las tarjetas rojas solo pueden usarse para elementos del área de producción.	V	F
17. Uno de los objetivos de la implantación 5S es la reducción del número de averías de las máquinas.	V	F
18. La fotografía adjunta es un ejemplo de la S correspondiente a <i>seiton</i>	V	F
		
19. Cuanto mayor sea el área seleccionada para la implantación de la prueba piloto de las 5S mejor, ya que quedará menos trabajo para hacer después.	V	F
20. La implantación de las 5S exige inversiones de dinero importantes.	V	F
21. El <i>takt time</i> es el tiempo en que una pieza debe ser producida para satisfacer las necesidades del cliente.	V	F

22. El <i>takt time</i> es el producto entre el tiempo de paso y el tiempo de ciclo.	V	F
23. El cociente entre el <i>takt time</i> y el tiempo de ciclo definen el número teórico de operarios necesarios.	V	F
24. Entendemos por <i>stock buffer</i> los artículos acabados para satisfacer la demanda de clientes cuando varía la pauta de pedidos o el <i>takt time</i> .	V	F
25. El flujo continuo se puede resumir mediante una frase simple: “mover un gran lote, fabricar un gran lote”.	V	F
26. Durante el <i>takt time</i> una operación puede producirse más de una vez.	V	F
27. Cuando un proceso consume mucho más tiempo que el resto se producirá previsiblemente una pérdida por falta de balanceo.	V	F
28. Si se desean mover 10 piezas a la vez y el <i>takt time</i> es de 2 minutos se puede establecer un tiempo de paso de 0,2 minutos.	V	F
29. En el cálculo del <i>takt time</i> las piezas <i>scrap</i> o defectuosas no se consideran y no intervienen en dicho cálculo.	V	F
30. En una caja <i>heijunka</i> los factores que intervienen son el volumen y la variedad de la producción.	V	F
31. <i>Kanban</i> a un sistema de control y programación sincronizada de la producción.	V	F
32. Las órdenes de fabricación vienen dadas por <i>kanbans</i> que son siempre los mínimos.	V	F
33. Dos piezas distintas pueden tener el mismo <i>kanban</i> .	V	F
34. La expresión $K = \frac{(D*Q)*R}{H*P}$ permite calcular el número de tarjetas en circulación.	V	F
35. Uno de los objetivos del sistema <i>kanban</i> es la reducción de los costes laborales, en base a reducir el número de empleados de las líneas de producción.	V	F
36. La expresión $N = \frac{U T (1 + P)}{C}$ se utiliza para calcular las piezas de un <i>kanban</i> .	V	F

37. En el cuadro que se utiliza para determinar el grado de polivalencia de un centro de trabajo no se puede incluir nunca la formación prevista en el próximo año.	V	F
38. La implantación de un sistema <i>kanban</i> puede seguir un sistema de prueba y error que puede durar varios años.	V	F
39. Los carriles dinámicos son estanterías robotizadas en forma de U.	V	F
40. En el sistema <i>pull</i> se buscan relaciones a largo plazo entre clientes y proveedores.	V	F
41. La preparación de una tarea o proceso empieza y termina con las 5 S.	V	F
42. Se trata de cambiar operaciones de preparación externas a internas	V	F
43. Shigeo Shingo, que se considera el creador del sistema SMED, podría afirmar que: “Los tornillos son un buen sistema de ajuste”	V	F
44. En la preparación de utillajes si tiene que usar las manos, no debería de mover los pies.	V	F
45. No se puede confiar en las habilidades especiales de ajuste de un operario <i>crack</i> .	V	F
46. Los estándares no son los estándares; son flexibles.	V	F
47. Es importante estandarizar todas las operaciones de cambios de utillajes.	V	F
48. En la fotografía que se adjunta se presenta un ejemplo de aplicación de las técnicas SMED, que seguramente hubiera aprobado el propio Shigeo Shingo.	V	F



49. La reducción de los tiempos de preparación incrementa la eficiencia de las máquinas, disminuye el tamaño de los lotes, los plazos de fabricación y los niveles de existencias.	V	F
50. Al igual que con otras técnicas del JIT, la reducción del tiempo de preparación en Toyota se considera un área de mejora continuada, con el objetivo de conseguir que todas las operaciones logren una preparación de pulsación única.	V	F
51. En el TPM no hay ningún interés en considerar el diseño de los equipos.	V	F
52. Las pérdidas por microparos o velocidad reducida son debidos por ejemplo a problemas mecánicos, calidad defectuosa y miedo a la sobreutilización del equipo.	V	F
53. La implantación del TPM puede empezar en un área piloto.	V	F
54. Las condiciones operativas son las que permiten trabajar por lo menos al 75% de la plena capacidad.	V	F
55. <i>Yaruude</i> , en fonética japonesa, es la competencia, habilidad o destreza para poder llevar a cabo unas determinadas actividades asignadas.	V	F
56. Uno de los objetivos del TPM es que las operaciones de identificación y diagnóstico de averías (nivel 3), pasen a ser responsabilidad de los operarios de las máquinas.	V	F
57. Uno de los objetivos del TPM es que los operarios sean capaces de participar en el diseño de las máquinas para que éstas sean más fáciles de reparar.	V	F
58. El índice de Operatividad Efectiva del Equipo (OEE) permite efectuar el seguimiento del mantenimiento de la empresa.	V	F
59. La finalidad del mantenimiento preventivo consiste en la detección y diagnóstico de averías antes de que se produzcan, para poder programar paradas para las reparaciones en los momentos oportunos.	V	F
60. La finalidad del mantenimiento predictivo es la reducción del número de paradas como consecuencia de averías imprevistas.	V	F
61. Actualmente, si la calidad no es el objetivo operativo número uno, el fin de una empresa está cerca.	V	F
62. La calidad no cuesta.	V	F

63. Solo manteniendo una vigilancia constante a través de personal especializado en control de calidad, se puede conseguir mantener y mejorar el nivel de calidad.	V	F
64. Solo las empresas que aplican las normas internacionales como la ISO 9000, tienen buenos niveles de calidad.	V	F
65. En la guerra de precios actual los productos más baratos suelen tener menor nivel de calidad.	V	F
66. Aplicar técnicas de mejora de calidad, aunque pueda dar resultados, es difícil y caro.	V	F
67. Los mecanismos <i>poka yoke</i> son elementos caros pero eficaces para detectar defectos o impedir su fabricación de manera automática.	V	F
68. En la matriz de autocalidad las anotaciones deberían estar en la diagonal, ya que esto indicaría que los defectos se detectan en la estación de trabajo donde se generan.	V	F
69. Cuando la luz <i>andon</i> está en rojo la línea de producción está parada.	V	F
70. Una máquina automatizada es aquella que está conectada a un mecanismo de detención automático para prevenir la fabricación de productos defectuosos.	V	F

S

Soluciones test

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V	F	V	V	F	F	V	F	F	F
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
F	V	F	V	F	F	V	V	F	F
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
V	F	F	V	F	F	V	F	F	V
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
V	V	F	F	F	F	F	V	F	V
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
V	F	F	V	V	F	V	F	V	V
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
F	V	V	F	V	F	F	V	F	F
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
V	V	F	F	V	F	F	V	V	V

B

Bibliografía y lecturas recomendadas

- Akao Y. Hoshin K. *Dirección y planificación de empresas y despliegue de políticas*. Madrid. Productivity Press, Inc. TGP-Hoshin, S.L. 1994.
- Asociación de Relaciones Humanas de Japón. *Kaizen Teian 1*. Madrid. Productivity Press. TGP Hoshin, S.L. 1996.
- Asociación de Relaciones Humanas de Japón. *Kaizen Teian 2*. Madrid. Productivity Press. TGP Hoshin, S.L. 1996.
- Bounine J, Suzaki K. *Producir Just in Time. Las fuentes de la productividad japonesa*. Barcelona. Masson, S.A. 1989.
- CIDEM. Generalitat de Catalunya. Departament d'Indústria, Comerç i Turismo. *Eines bàsiques de qualitat. Poka Yoke*. Barcelona. 2000.
- Cuatrecasas Ll. *TPM. Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción*. Barcelona. Gestión 2000. 2003.
- Cuatrecasas Ll. *Lean Management: volver a empezar: un relato en lenguaje sencillo y comprensible para aprender cómo adoptar el enfoque más actual y competitivo, en la gestión de una empresa de negocio*. Barcelona. Gestión 2000. 2005.
- Cuatrecasas Ll. *TPM. Claves de Lean Manufacturing. Un enfoque para la alta competitividad en un mundo globalizado*. Barcelona. Gestión 2000. 2006.
- Equipo de desarrollo de Productivity Press. *5S para todos. 5 pilares de la fábrica visual*. TGP 2ª ed. Madrid. Hoshin. 2001.
- Fachi Fujikoshi. *Despliegue del TPM*. Madrid. TGP Hoshin. 2000.
- Galdano A. *Las tres revoluciones. Caja del desperdicio: doblar la productividad con la Lean Production*. Madrid. Ediciones Díaz de Santos. 2001.
- Hirano H. *El JIT revolución en las fábricas*. Portland, Oregon. Productivity Press. 1992.
- Hirano H. *Manual para la implantación del JIT. Volumen II*. Portland, Oregon. Productivity Press. 2001.
- Kobayashi I. *20 claves para mejorar la fábrica*. Madrid. TGP Hoshin. 2002.
- Michalsky W. *40 Herramientas para equipos de mejora de fábricas y servicios*. Madrid. TGP Hoshin. 2004.
- Monden Y. *El sistema de producción de Toyota*. Madrid. Editorial CDN Ciencias de la Dirección. 1988.
- Oshima H. *La estructura fundamental del pensamiento japonés*. Madrid. Ediciones Universidad Autónoma. 2006.

- Pérez-Fernández JA. *Gestión de la calidad orientada a los procesos*. Madrid. Esic Editorial. 1999.
- Prado JC. *El proceso de mejora continua en la empresa*. Madrid. Ediciones Pirámide. 2000.
- Schonberger RJ. *Técnicas japonesas de fabricación*. México. Limusa Noriega Editores. 1999.
- Sekine K, Arai K. *Mejora de la productividad en diseño e ingeniería*. Madrid. TGP Hoshin. 1999.
- Shirose K. *TPM para mandos intermedios de fábrica*. Madrid. TGP Hoshin. 1994.
- Tapping D, Luyster T, Shuker T. *Gestión del Flujo de valor*. Madrid. TGP Hoshin. 2003.
- Tapping D, Luyster T, Shuker T. *Gestión del flujo de valor. Ocho pasos para implantar métodos de producción "lean"*. Madrid. TGP Hoshin. 2003.
- Tsuchiya S. *Mantenimiento de Calidad. Cero defectos a través de la gestión del equipo*. Madrid. TGP Hoshin. 1995.
- Womack JP, Jones DT, Roos D. *The machine that changed the world*. New York. Rawson Associates. 1990.
- Womack JP, Jones DT. *Lean Thinking. Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona. Ediciones Gestión 2000. 2005.
- Womack JP, Jones DT. *Soluciones Lean. Cómo pueden las empresas y los consumidores crear valor y riqueza conjuntamente*. Barcelona. Ediciones Gestión 2000. 2007.