




FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

# DESARROLLO EMPRESARIAL



*DIPLOMADO EN  
SEIS SIGMA*

**MÓDULO VI**  
**LEAN SEIS SIGMA**

Del 07 al 28 de Octubre de 2006

## APUNTES GENERALES

DE-58

Instructor: Ing. Jorge Caudillo Gutiérrez  
Palacio De Minería  
Octubre del 2006

## ¿QUÉ ES LEAN MANAGEMENT?

Lean Management son varias herramientas que le ayudará a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador. Lean Management nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda entre algunos.

El sistema de Manufactura Flexible o Lean Management ha sido definida como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio
- El respeto por el trabajador: Kaizen
- La mejora consistente de Productividad y Calidad

### Objetivos de Lean Management

Los principales objetivos de la Lean Management es implantar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Lean Management proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida.

Específicamente, Lean Management:

- Reduce la cadena de desperdicios dramáticamente
- Reduce el inventario y el espacio en el piso de producción
- Crea sistemas de producción más robustos
- Crea sistemas de entrega de materiales apropiados
- Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad

### Beneficios

La implantación de Lean Management es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados.

Algunos de los beneficios que genera son:

- Reducción en costos de producción
- Reducción de inventarios
- Reducción del tiempo de entrega (lead time)
- Mejor Calidad
- Menos mano de obra
- Mayor eficiencia de equipo
- Disminución de los desperdicios
  - Sobreproducción
  - Tiempo de espera (los retrasos)
  - Transporte
  - El proceso

- Inventarios
- Movimientos
- Mala calidad

## **Pensamiento Lean**

La parte fundamental en el proceso de desarrollo de una estrategia Lean (esbelta) es la que respecta al personal, ya que muchas veces implica cambios radicales en la manera de trabajar, algo que por naturaleza causa desconfianza y temor. Lo que descubrieron los japoneses es, que más que una técnica, se trata de un buen régimen de relaciones humanas. En el pasado se ha desperdiciado la inteligencia y creatividad del trabajador, a quien se le contrata como si fuera una máquina. Es muy común que, cuando un empleado de los niveles bajos del organigrama se presenta con una idea o propuesta, se le critique e incluso se le calle. A veces los directores no comprenden que, cada vez que le 'apagan el foquito' a un trabajador, están desperdiciando dinero. El concepto de Lean Management implica la anulación de los mandos y su reemplazo por el liderazgo. La palabra líder es la clave.

## **Los 5 Principios del Pensamiento Lean**

1. Define el Valor desde el punto de vista del cliente:  
La mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.
2. Identifica tu corriente de Valor:  
Eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y  
Otros son eliminados inmediatamente.
3. Crea Flujo:  
Haz que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor
4. Produzca el "Jale" del Cliente:  
Una vez hecho el flujo, serán capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo
5. Persiga la perfección:  
Una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados, que añadir eficiencia siempre es posible.

## **APORTACIONES DE LEAN MANAGEMENT**

Combinar herramientas Lean con la metodología Six Sigma se ha vuelto un ejercicio común en las empresas durante los últimos años. Sin embargo, muchos de estos esfuerzos estaban orientados en las operaciones de manufactura. La experiencia de una empresa europea de seguros nos da una muestra de la transferencia del taller a la oficina, así como nos provee un modelo de despliegue que integra Lean, Seis Sigma y Gestión basada en procesos.

### **Un primer intento de integrar Lean con Seis Sigma**

Una empresa líder de seguros dedicada a la implementación de programas de excelencia en sus procesos, inició el uso de Lean y Seis Sigma par lograr importantes ahorros en costos. Con metas de reducción de costos agresivas, el aspecto Lean del programa fue considerado más crítico para probar la credibilidad. Ya que le primer proyecto Seis Sigma puede tomarnos de 6 a 9 meses, los esfuerzos Lean por lo general toman solo semanas en ser completados, además de que los esfuerzos Lean entregan mejoras sustanciales en periodos cortos de tiempo.

Haciendo algunos análisis preliminares, el equipo a cargo de la mejora decidió conducir un proyecto Lean para probar la posibilidad e obtener ganancias rápidas. Usando a un experto Lean, quién había usado estas herramientas ampliamente en el sector manufacturero. Un grupo de candidatos fue llevado a un semana al entrenamiento Lean usando módulos de formación tradicional.

Mientras el entrenamiento era bien recibido, el taller Kaizen reveló un número interesante de situaciones:

- Muchas de las herramientas no podían ser aplicadas.
- Los cambios no podían ser implementados en un lapso de 5 días.
- Las ideas generadas por el equipo tenían que ser examinadas por los Gerentes a cargo de los procesos.
- Las estimaciones de los ahorros eran muy altas, provocando que la dirección perdiera el interés.
- Para lograr los ahorros establecidos, el alcance tenía que ser incrementado de un simple proceso a toda la cadena de valor.
- El área piloto Lean no era estratégica y no estaba alineada con el esfuerzo de selección de proyectos Seis Sigma.

### **Afinando el acercamiento**

Las lecciones del piloto anterior ayudaron a refinar el acercamiento para el despliegue de Lean en la oficina. Los primeros pasos intuitivos eran eliminar las herramientas que no serían aplicadas. De manera más significativa, un marco de referencia de Gestión basada en procesos fue añadido para identificar proyectos potenciales y para sostener las mejoras logradas. Finalmente, el currículo Lean fue integrado en el marco DMAIC para enfatizar el mensaje de que la compañía estaba usando un acercamiento para la solución de problemas comunes, con herramientas Lean orientadas en la reducción de los ciclos de tiempo y herramientas Seis Sigma dirigidas a reducir los defectos.

El nuevo acercamiento al despliegue estaba enfocado en el contar con dueños de proceso. Un taller inicial de dos días con el equipo líder responsable de un proceso de negocio orientado en el mapeo de toda la cadena de valor y la identificación de un grupo de métricas clave. Este taller fue seguido por un periodo donde el equipo de Black Belts validó el mapa del proceso y colectaron datos. Después, un taller con un segundo equipo gerencial revisó el trabajo inicial, desarrolló un mapa a futuro de la cadena de valor e identificó una lista de proyectos de alto impacto que necesariamente tendrían que ser completados para lograr el estado futuro.

Este acercamiento aseguro que todo el proceso de mejora tuviera una orientación estratégica y estuviera basado en las necesidades reales del negocio. Finalmente, el equipo líder, reviso la lista de proyectos e identificó cual metodología (Six Sigma o Lean) podría ser usada para cada uno.

Definir	Medir	Analizar	Mejorar	Controlar
Mapeo de cadena de valor	Despliegue básico de datos	Diagramas Causa – efecto	Poka Yoke's	Gestión Visual
Voz del cliente (VOC)	Taka Time	Diagrama de flujo y análisis de Valor Agregado	Piloteo	Trabajo estándar
SIPOC	Ruta de desperdicio	Balance de línea	AMEF	CEP

Una vez que los proyectos Lean fueron identificados, facilitadores internos participaron en un entrenamiento para convertirse en expertos Lean. Con este papel, ayudaron al equipo de mejora a y trabajaron con el equipo líder para asegurarse que el charter del equipo estuviera correctamente orientado en una meta medible específica.

Este evento se dividió en tres partes:

- **Primer taller Kaizen:** un taller de dos días para definir el problema, coleccionar los datos, analizar los obstáculos y generar ideas de cómo enfrentar otros obstáculos.
- **Validación:** El taller inicial fue seguido de un periodo de dos semanas durante el cual cada especialista Lean junto con el equipo validaron las presunciones detrás de estas ideas, coleccionaron datos adicionales y se aseguraron de que la gerencia comprara los proyectos.
- **Segundo taller kaizen.** Durante un periodo de tres días, el equipo reviso los datos adicionales, desarrolló un plan de implementación y completo el nuevo diseño del proceso.

Estas diferencias a un acercamiento tradicional, fue crítico para asegurar que la gerencia y los colaboradores estuvieran comprometidos con el proyecto, así como para evitar la sobrestimación del impacto o desestimar el esfuerzo requerido para la implementación.

### Lecciones aprendidas

Los proyectos iniciales generaron información interna invaluable de la diferencia de utilizar Lean en un ambiente de oficina.

1. **La calidad de los insumos es crítica:** Mientras que la calidad de los insumos es obviamente una preocupación en los procesos de manufactura, en procesos transaccionales la importancia de tener clientes que aporten información correcta y completa es crucial. En un ambiente de manufactura, uno puede asumir típicamente

insumos libres de defectos. Para un proceso transaccional donde los clientes son los proveedores, los grados de error amplios, es algo común. En su caso, sólo un tercio de todas las aplicaciones de entrada eran precisas y completas. Este resultado no solo representaba un nivel sustancial de retrabajo sino que provocaba enormes demoras e incrementaba el número de piezas en el flujo de trabajo, lo cual, al final resulta en un gran número de acumulaciones y desperdicios. Ligando un esfuerzo Lean para adelgazar el flujo del proceso con un esfuerzo Lean para adelgazar el flujo del proceso con un esfuerzo Six Sigma para mejorar la calidad de los insumos, simplemente por separar aquellos que están listos para el proceso de aquellos que requieren investigación y retrabajo previo, pueden obtenerse resultados significativos.

2. **El primer paso del proceso es el que marca el paso:** Una de las ideas fundamentales de Lean es el concepto TAKT. El tiempo Takt o Takt Time es del grado de demanda de los usuarios, y en un ambiente de manufactura este concepto es típicamente usado para suavizar la producción. La manufactura tiene un significativo control sobre los insumos y puede instruir a los proveedores en los tiempos del envío de ciertas cantidades de partes. En servicios, este concepto es más difícil de aplicar, dado que en muchos casos el cliente es también el proveedor y la compañía tiene poco control o nada de control acerca de volumen y secuencia de los insumos. Con demanda incierta y una capacidad estática, esto comúnmente resulta en tiempo de espera significantes para el cliente. Aplicar los principios Lean para un proceso de servicios requiere estabilizar el flujo de los insumos o crear una capacidad flexible. De cualquier forma una implementación Lean típicamente inicia con el proceso más cercano al cliente, para procesos transaccionales comúnmente inicia con el proceso mas cercano al proveedor.

3. **Capacitación cruzada y establecimiento de equipos:** Pocas empresas de servicios tienen un riguroso programa de capacitación transversal. En las industrias como la banca y seguros, pocos empleados son capaces de realizar una gran variedad de tareas. El aprendizaje sucede generalmente en el trabajo, y la alta rotación hace a la capacitación como una inversión poco rentable. Típicamente, los empleos en empresas de servicios son definidos en forma que se logre una rápida capacitación y un fácil reemplazo. Como resultado de esto, la flexibilidad sufre: los empleados no pueden cambiar de un empleo a otro. Esto genera problemas complejos en Staffing y hace extremadamente difícil ajustarse a los cambios de la mezcla de negocio.

4. **El diseño para la flexibilidad es clave:** Las organizaciones de servicios no tienen el lujo de contar con inventarios de productos terminados como un placebo para la inherente variabilidad de la demanda. Y además pueden acumular trabajo en proceso. (WIP) con el fin de mantener a todos ocupados, este inventario es extremadamente caro:

- La satisfacción del cliente sufre debido a largos tiempos de respuesta.
- La satisfacción del cliente se centra en recibir en múltiples consultas de clientes que quieren saber si sus solicitudes serán procesadas.
- Los sistemas son necesariamente complejos en la forma en que tienen que ser diseñados para soportar y mantener acumulaciones de trabajo.
- Los sistemas de administración son necesitados para rastrear el status de tareas individuales.

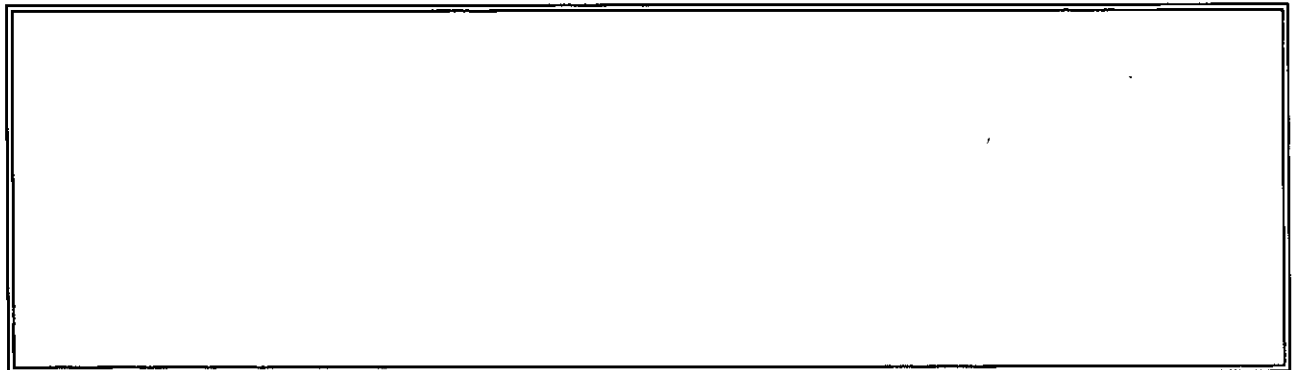
Sobre todo, la eficiencia local despegas mientras la efectividad global sufre. Un desarrollo Lean adecuado necesita considerar el proceso entero de principio a fin.

#### 5. Dependencia de TI.

Lean ganó su reputación con resultados rápidos en el piso, donde es posible tener equipos Lean par reconfigurar máquinas y lograr flujos e inventarios en niveles mínimos. Los eventos Kaizen están diseñados para generar entusiasmo y un buen ambiente motivando a los equipos a hacer cambios a lo largo del evento, manteniendo resultados diarios del proceso a través de las metas como ciclos de tiempo, inventarios, etc. Usando las mismas técnicas en un negocio de servicios modernos, donde los flujos de trabajo son conducidos sistemas TI y la mayor parte del trabajo sucede en el sistema puede llevar a sistemas puede llevarnos a decepciones: las mejoras toman más tiempo en implementarse, porque requieren cambios en el alambrado del flujo. En estas situaciones, un acercamiento Lean estándar puede no alcanzar los resultados de una forma simple.

Los equipos deben de tener acceso a los recursos de TI para asegurar que los cambios necesarios de los sistemas no caen en la larga lista de trabajo por hacer de TI.

#### Conclusiones



#### Un segundo acercamiento a Lean Six Sigma

“La Meta”, “La Carrera” y la “Teoría de Restricciones” son una popular serie de libros escrita por Eliyahu M. Goldratt entre 1985 y 1990. En ellos, predicaba sobre la importancia de los inventarios y la disminución de los ciclos de tiempo y en tratar a la manufactura como un sistema cuyo desempeño es controlado por procesos de cuellos de botella. El reconoció la superioridad del sistema de producción Toyota en el logro de esas metas.

Un estudio de 5 años de la industria manufacturera automotriz de MIT llamado “la máquina que cambio el mundo” (1990) alineó las bases del sistema Toyota con el Mundo occidental enfoca comparaciones de la calidad y la productividad. Conclusión: las Plantas que usan el sistema Toyota, renombrado “Lean Production” se desempeñan Significativamente mejor que otras plantas. La definición y principales bloques de Lean Fueron ampliamente entendidos.

El esfuerzo para convertirse a Lean ganó su momento. Un interesante numero de maneras confiables de implementarlo surgiendo donde los eventos Kaizen se convirtieron

el vehículo aceptado para lograrlo. Cientos de compañías americanas han conducido igual número de Kaizens con enfoque Lean, estos equipos crossfuncionales, compuestos entre 6 y 10 miembros invierten entre 5 y 10 días orientados en un área predefinida de la planta.

Usando herramientas estandarizadas y técnicas, analizan obtienen ideas, implementan cambios, miden los efectos, y documentan el nuevo sistema, Típicamente ganan un 25% mas de incremento en la productividad, reducciones del 90% del trabajo en proceso (WIP) ,50% de espacio en piso, y 75% de distancia de viaje. Lean funciona – rápido. Sus resultados son fundamentados y mesurables. La fe es reemplazada con una acción.

Toda suena muy bien en teoría. Continuemos haciendo kaizens hasta que hayamos completado la conversión a Lean y disfrutemos de los beneficios. Sin embargo, hay mucho más todavía por hacer y muchas compañías han mezclado los resultados. Hemos aprendido que Lean es una buena herramienta pero no una solución total. La conversión a Lean debe ser parte de un plan con un enfoque mucho más estratégico la combinación de enfoque centrado, mandatos gerenciales, líneas de tiempo apretadas, esfuerzo de equipos multifuncionales y herramientas simples y poderosas han permitido que los equipos kaizen rápidamente den una nueva cara a los pisos de producción.

Pero esto tiene limitaciones, implican inversiones y pueden ser sobre usados. El acercamiento Kaizen es solo una buena aproximación. Todo el análisis esta basado en una fotografía de las críticas para el logro de los beneficios completos de Lean. Continuar con los kaizen cuando la mejora clave se basa en los cambios de equipo provoca frustración e ineficiencia. El capital es requerido en la forma en que la conversión avanza. Sabemos que la conversión Lean no puede avanzar sin el soporte de los clientes y proveedores. De no ser así, se convierte en un juego de reducir la materia prima y WIP mientras se incrementan los bienes finales – para nosotros y los proveedores. No es poco común si lo si los proveedores y los clientes nos empujan a aceptar y enviar lotes pequeños en forma mas frecuente. Están haciendo nuestra conversión Lean lo mas rápido posible.

Exactamente donde la revolución Lean terminará en la industria es algo que no sabemos y seguirán existiendo retos por delante. Existen hoy en día preguntas acerca de la relación entre Lean Manufacturing y Six Sigma. Esta relación se estrecha de la siguiente manera:

- Estrecha el proceso aplicando técnicas Lean
- Resuelve los problemas de desviación de los estándares
- Asegura el mantenimiento del estatus obtenido usando técnicas Six Sigma
- Sin embargo, si el sistema y los procesos son muy pobres, estrecharlo puede romperlos. En este caso Seis Sigma debe ser usado para resolver algunos de los problemas clave antes adelgazarlo.

### **Las Herramientas de Lean Manufacturing**

#### **5'S**

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor "calidad de vida" al trabajo. Las 5'S provienen de términos japoneses que diariamente ponemos en práctica



en nuestra vida cotidiana y no son parte exclusiva de una "cultura japonesa" ajena a nosotros, es más, todos los seres humanos, o casi todos, tenemos tendencia a practicar o hemos practicado las 5'S, aunque no nos demos cuenta. Las 5'S son:

- Clasificar, organizar o arreglar apropiadamente: **Seiri**
- Ordenar: **Seiton**
- Limpieza: **Seiso**
- Estandarizar: **Seiketsu**
- Disciplina: **Shitsuke**

**Cuando nuestro entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza perderemos**

**La eficiencia y la moral en el trabajo se reducen**

### **Objetivos de las 5'S**

El objetivo central de las 5'S es lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo

### **Beneficios de las 5'S**

La implantación de una estrategia de 5'S es importante en diferentes áreas, por ejemplo, permite eliminar despilfarros y por otro lado permite mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando así a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que genera la estrategias de las 5'S son:

- Mayores niveles de seguridad que redundan en una mayor motivación de los empleados
- Mayor calidad
- Tiempos de respuesta más cortos
- Aumenta la vida útil de los equipos
- Genera cultura organizacional
- Reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos

### **Definición de las 5'S**

#### **Clasificar (seiri)**

Clasificar consiste en retirar del área o estación de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor, ya sea en áreas de producción o en áreas administrativas. Una forma efectiva de identificar estos elementos que habrán de ser eliminados es llamada "etiquetado en rojo". En efecto una tarjeta roja (de expulsión) es colocada a cada artículo que se considera no necesario para la operación. Enseguida, estos artículos son llevados a un área de almacenamiento transitorio. Más tarde, si se confirmó que eran innecesarios, estos se dividirán en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles que serán descartados. Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar espacios de piso desechando cosas tales como: herramientas rotas, aditamentos o herramientas obsoletas, recortes y excesos de materia prima. Este paso también ayuda a eliminar la mentalidad de "Por Si Acaso".

Clasificar consiste en:

- Separar en el sitio de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven
- Clasificar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario
- Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo
- Separa los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo
- Organizar las herramientas en sitios donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible
- Eliminar elementos que afectan el funcionamiento de los equipos y que pueden producir averías
- Eliminar información innecesaria y que nos pueden conducir a errores de interpretación o de actuación

### **Beneficios de clasificar**

Al clasificar se preparan los lugares de trabajo para que estos sean más seguros y productivos. El primer y más directo impacto está relacionado con la seguridad. Ante la presencia de elementos innecesarios, el ambiente de trabajo es tenso, impide la visión completa de las áreas de trabajo, dificulta observar el funcionamiento de los equipos y máquinas, las salidas de emergencia quedan obstaculizadas haciendo todo esto que el área de trabajo sea más insegura. Clasificar permite:

- Liberar espacio útil en planta y oficinas
- Reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos
- Mejorar el control visual de stocks (inventarios) de repuesto y elementos de producción, carpetas con información, planos, etc.
- Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo expuestos en un ambiente no adecuado para ellos; por ejemplo, material de empaque, etiquetas, envases plásticos, cajas de cartón y otros
- Facilitar control visual de las materias primas que se van agotando y que requieren para un proceso en un turno, etc.
- Preparar las áreas de trabajo para el desarrollo de acciones de mantenimiento autónomo, ya que se puede apreciar con facilidad los escapes, fugas y contaminaciones existentes en los equipos y que frecuentemente quedan ocultas por los elementos innecesarios que se encuentran cerca de los equipos

### **Ordenar (seiton)**

Consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Ordenar en mantenimiento tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas e instalaciones industriales. Algunas estrategias para este proceso de "todo en su lugar" son: pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones, tablas con siluetas, así como estantería modular y/o gabinetes para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, trapeador, cubeta, etc., es decir, "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar." El ordenar permite:

- Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno al lugar

- Disponer de sitios identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia
- Disponer de lugares para ubicar el material o elementos que no se usarán en el futuro
- En el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos, sistemas de seguridad, alarmas, controles, sentidos de giro, etc.
- Lograr que el equipo tenga protecciones visuales para facilitar su inspección autónoma y control de limpieza
- Identificar y marcar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustibles
- Incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores de producción

### **Beneficios de ordenar**

### **Beneficios para el trabajador**

- Facilita el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo
- Se mejora la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial
- El aseo y limpieza se pueden realizar con mayor facilidad y seguridad
- La presentación y estética de la planta se mejora, comunica orden, responsabilidad y compromiso con el trabajo
- Se libera espacio
- El ambiente de trabajo es más agradable
- La seguridad se incrementa debido a la demarcación de todos los sitios de la planta y a la utilización de protecciones transparentes especialmente los de alto riesgo

### **Beneficios organizativos**

- La empresa puede contar con sistemas simples de control visual de materiales y materias primas en stock de proceso
- Eliminación de pérdidas por errores
- Mayor cumplimiento de las órdenes de trabajo
- El estado de los equipos se mejora y se evitan averías
- Se conserva y utiliza el conocimiento que posee la empresa
- Mejora de la productividad global de la planta

### **Limpieza (seiso)**

Limpieza significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Desde el punto de vista del TPM implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Se identifican problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de FUGUAI (defecto). Limpieza incluye, además de la actividad de limpiar las áreas de trabajo y los equipos, el diseño de aplicaciones que permitan evitar o al menos disminuir la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo. Para aplicar la limpieza se debe:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario
- Asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo: "la limpieza es inspección"
- Se debe abolir la distinción entre operario de proceso, operario de limpieza y técnico de mantenimiento
- El trabajo de limpieza como inspección genera conocimiento sobre el equipo. No se trata de una actividad simple que se pueda delegar en personas de menor calificación
- No se trata únicamente de eliminar la suciedad. Se debe elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias.

### **Beneficios de la limpieza**

- Reduce el riesgo potencial de que se produzcan accidentes
- Mejora el bienestar físico y mental del trabajador
- Se incrementa la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad
- Las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza
- La limpieza conduce a un aumento significativo de la Efectividad Global del Equipo (OEE)
- Se reducen los despilfarros de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes
- La calidad del producto se mejora y se evitan las pérdidas por suciedad y contaminación del producto y empaque

### **Estandarizar (seiketsu)**

El estandarizar pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras 3's. El estandarizar sólo se obtiene cuando se trabajan continuamente los tres principios anteriores. En esta etapa o fase de aplicación (que debe ser permanente), son los trabajadores quienes adelantan programas y diseñan mecanismos que les permitan beneficiarse a sí mismos. Para generar esta cultura se pueden utilizar diferentes herramientas, una de ellas es la localización de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas para que pueda ser visto por todos los empleados y así recordarles que ese es el estado en el que debería permanecer, otra es el desarrollo de unas normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo. La estandarización pretende:

- Mantener el estado de limpieza alcanzado con las tres primeras S
- Enseñar al operario a realizar normas con el apoyo de la dirección y un adecuado entrenamiento.
- Las normas deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y procedimiento a seguir en caso de identificar algo anormal
- En lo posible se deben emplear fotografías de como se debe mantener el equipo y las zonas de cuidado
- El empleo de los estándares se debe auditar para verificar su cumplimiento
- Las normas de limpieza, lubricación y aprietes son la base del mantenimiento autónomo (Jishu Hozen)

### **Beneficios de estandarizar**

- Se guarda el conocimiento producido durante años de trabajo
- Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente
- Los operarios aprenden a conocer con detenimiento el equipo
- Se evitan errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios
- La dirección se compromete más en el mantenimiento de las áreas de trabajo al intervenir en la aprobación y promoción de los estándares
- Se prepara el personal para asumir mayores responsabilidades en la gestión del puesto de trabajo
- Los tiempos de intervención se mejoran y se incrementa la productividad de la planta

### **Disciplina (shitsuke)**

Significa evitar que se rompan los procedimientos ya establecidos. Solo si se implanta la disciplina y el cumplimiento de las normas y procedimientos ya adoptados se podrá disfrutar de los beneficios que ellos brindan. La disciplina es el canal entre las 5'S y el mejoramiento continuo. Implica control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismo y por la demás y mejor calidad de vida laboral, además:

- El respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable
- Realizar un control personal y el respeto por las normas que regulan el funcionamiento de una organización
- Promover el hábito de autocontrolar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas
- Comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración
- Mejorar el respeto de su propio ser y de los demás

### **Beneficios de estandarizar**

- Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa
- La disciplina es una forma de cambiar hábitos
- Se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre personas
- La moral en el trabajo se incrementa
- El cliente se sentirá más satisfecho ya que los niveles de calidad serán superiores debido a que se han respetado íntegramente los procedimientos y normas establecidas
- El sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegara cada día

### Sistema de jalar

Es un sistema de producción donde cada operación estira el material que necesita de la operación anterior. Consiste en producir sólo lo necesario, tomando el material requerido de la operación anterior. Su meta óptima es: mover el material entre operaciones de uno por uno. En la orientación "pull" o de jalar, las referencias de producción provienen del precedente centro de trabajo. Entonces la precedente estación de trabajo dispone de la exacta cantidad para sacar las partes disponibles a ensamblar o agregar al producto. Esta orientación significa comenzar desde el final de la cadena de ensamble e ir hacia atrás hacia todos los componentes de la cadena productiva, incluyendo proveedores y vendedores. De acuerdo a esta orientación una orden es disparada por la necesidad de la siguiente estación de trabajo y no es un artículo innecesariamente producido.

La orientación "pull" es acompañada por un sistema simple de información llamado Kanban. Así la necesidad de un inventario para el trabajo en proceso se ve reducida por el empalme ajustado de la etapa de fabricación. Esta reducción ayuda a sacar a la luz cualquier pérdida de tiempo o de material, el uso de refacciones defectuosas y la operación indebida del equipo. El sistema de jalar permite:

- Reducir inventario, y por lo tanto, poner al descubierto los problemas
- Hacer sólo lo necesario facilitando el control
- Minimiza el inventario en proceso
- Maximiza la velocidad de retroalimentación
- Minimiza el tiempo de entrega
- Reduce el espacio

### Células de manufactura

Es la agrupación de una serie de máquinas distintas con el objeto de simular un flujo de producción.

Prerrequisitos	Características
Tiempos de montaje o preparación bajos	Más dependiente de la gente que de las máquinas
Volumen suficiente	Operaciones se balancean con base en tiempo de ciclo
Habilidad de solución rápida de problemas en línea	Equipo flexible en vez de supermáquinas
Agrupación por familias de producto	Mover pequeñas cantidades. Distancias cortas
Entrenamiento multifuncional a operadores	Distribución compacta
	Todo en su lugar

**Figura 4. Células de Manufactura**

## ¿Por dónde empezar?

- Por orden y limpieza, organización del lugar de trabajo
- Acortar bandas transportadoras
- Fijar rutas del producto
- Eliminar almacenes de inventario en proceso
- Acortar distancias
- Establecer un flujo racional de material, con sus puntos de flujo y abastecimiento.

## Control visual

Los controles visuales están íntimamente relacionados con los procesos de estandarización. Un control visual es un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver.<sup>5</sup> La estandarización se transforma en gráficos y estos se convierten en controles visuales. Cuando sucede esto, sólo hay un sitio para cada cosa, y podemos decir de modo inmediato si una operación particular está procediendo normal o anormalmente.

Un control visual se utiliza para informar de una manera fácil entre otros los siguientes temas:

- Sitio donde se encuentran los elementos
- Frecuencia de lubricación de un equipo, tipo de lubricante y sitio donde aplicarlo
- Estándares sugeridos para cada una de las actividades que se deben realizar en un equipo o proceso de trabajo
- Dónde ubicar el material en proceso, producto final y si existe, productos defectuosos
- Sitio donde deben ubicarse los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados
- Sentido de giro de motores
- Conexiones eléctricas
- Sentido de giro de botones de actuación, válvulas y actuadores
- Flujo del líquido en una tubería, marcación de esta, etc.
- Franjas de operación de manómetros (estándares)
- Dónde ubicar la calculadora, carpetas bolígrafos, lápices en el sitio de trabajo

## Kanban

Kanban es una herramienta basada en la manera de funcionar de los supermercados. Kanban significa en japonés "etiqueta de instrucción". La etiqueta Kanban contiene información que sirve como orden de trabajo, esta es su función principal, en otras palabras es un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de que se va a producir, en que cantidad, mediante que medios, y como transportarlo.

Antes de implantar Kanban es necesario desarrollar una producción "labeled/mixed producción schedule" para suavizar el flujo actual de material, esta deberá ser practicada en la línea de ensamble final, si existe una fluctuación muy grande en la integración de los procesos Kanban no funcionará y de lo contrario se creará un desorden, también tendrán que ser implantados sistemas de reducción de cambios de modelo, de producción de

lotes pequeños, Jidoka, control visual, Poka Yoke, mantenimiento preventivo, etc. todo esto es prerequisite para la introducción Kanban. También se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones antes de implantar Kanban:

1. Determinar un sistema de calendarización de producción para ensambles finales para desarrollar un sistema de producción mixto y etiquetado.
2. Se debe establecer una ruta de Kanban que refleje el flujo de materiales, esto implica designar lugares para que no haya confusión en el manejo de materiales, se debe hacer obvio cuando el material esta fuera de su lugar.
3. El uso de Kanban esta ligado a sistemas de producción de lotes pequeños.
4. Se debe tomar en cuenta que aquellos artículos de valor especial deberán ser tratados diferentes.
5. Se debe tener buena comunicación desde el departamento de ventas a producción para aquellos artículos cíclicos a temporada que requieren mucha producción, de manera que se avise con bastante anticipo.
6. El sistema Kanban deberá ser actualizado constantemente y mejorado continuamente.

## **Funciones de Kanban**

Son dos las funciones principales de Kanban:

- Control de la producción
- Mejora de los procesos

Control de la producción es la integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema Justo a Tiempo, en la cual los materiales llegaran en el tiempo y cantidad requerida en las diferentes etapas de la fabrica y si es posible incluyendo a los proveedores.

Mejora de los procesos. Facilita la mejora en las diferentes actividades de la empresa mediante el uso de Kanban, esto se hace mediante técnicas ingenieriles (eliminación de desperdicio, organización del área de trabajo, reducción de cambios de modelo, utilización de maquinaria vs. utilización en base a demanda, manejo de multiprocesos, dispositivos para la prevención de errores (Poka Yoke), mecanismos a prueba de error, mantenimiento preventivo, Mantenimiento Productivo Total (TPM), reducción de los niveles de inventario.) Básicamente Kanban sirve para lo siguiente:

- Poder empezar cualquier operación estándar en cualquier momento
- Dar instrucciones basados en las condiciones actuales del área de trabajo
- Prevenir que se agregue trabajo innecesario a aquellas ordenes ya empezadas y prevenir el exceso de papeleo innecesario

Otra función de Kanban es la de movimiento de material, la etiqueta Kanban se debe mover junto con el material, si esto se lleva a cabo correctamente se lograrán los siguientes puntos:

- Eliminación de la sobreproducción
- Prioridad en la producción, el Kanban con más importancia se pone primero que los demás
- Se facilita el control del material



## Tipos de Kanban

- Kanban de producción: Contiene la orden de producción
- Kanban de transporte: Utilizado cuando se traslada un producto
- Kanban urgente: Emitido en caso de escasez de un componente
- Kanban de emergencia: Cuando a causa de componentes defectuoso, averías en las máquinas, trabajos especiales o trabajo extraordinario en fin de semana se producen circunstancias insólitas
- Kanban de proveedor: Se utiliza cuando la distancia de la planta al proveedor es considerable, por lo que el plazo de transporte es un término importante a tener en cuenta

## Información de la etiqueta Kanban

La información en la etiqueta Kanban debe ser tal, que debe satisfacer tanto las necesidades de manufactura como las de proveedor de material. La información necesaria en Kanban sería la siguiente:

- Número de parte del componente y su descripción
- Nombre / Número del producto
- Cantidad requerida
- Tipo de manejo de material requerido
- Dónde debe ser almacenado cuando sea terminado
- Punto de reorden
- Secuencia de ensamble / producción del producto

## Implantación de Kanban en 4 fases

**Fase 1.** Entrenar a todo el personal en los principios de Kanban, y los beneficios de usar Kanban.

**Fase 2.** Implantar Kanban en aquellos componentes con más problemas para facilitar su manufactura y para resaltar los problemas escondidos. El entrenamiento con el personal continúa en la línea de producción.

**Fase 3.** Implantar Kanban en el resto de los componentes, esto no debe ser problema ya que para esto los operadores ya han visto las ventajas de Kanban, se deben tomar en cuenta todas las opiniones de los operadores ya que ellos son los que mejor conocen el sistema. Es importante informarles cuando se va estar trabajando en su área.

**Fase 4.** Esta fase consiste de la revisión del sistema Kanban, los puntos de reorden y los niveles de reorden, es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para el funcionamiento correcto de Kanban:

1. Ningún trabajo debe ser hecho fuera de secuencia
2. Si se encuentra algún problema notificar al supervisor inmediatamente

## Reglas de Kanban

### **Regla 1: No se debe mandar producto defectuoso a los procesos subsecuentes**

La producción de productos defectuosos implica costos tales como la inversión en materiales, equipo y mano de obra que no va a poder ser vendida. Este es el mayor desperdicio de todos. Si se encuentra un defecto, se deben tomar medidas antes que todo para prevenir que este no vuelva a ocurrir.

Observaciones:

- El proceso que ha generado un producto defectuoso, lo puede descubrir inmediatamente
- El problema descubierto se debe divulgar a todo el personal implicado, no se debe permitir la recurrencia

### **Regla 2: Los procesos subsecuentes requerirán sólo lo necesario**

Esto significa que el proceso subsiguiente pedirá el material que necesita al proceso anterior, en la cantidad necesaria y en el momento adecuado. Se crea una pérdida si el proceso anterior sustituye de partes y materiales al proceso subsiguiente en el momento que este no los necesita o en una cantidad mayor a la que este necesita. Este mecanismo deberá ser utilizado desde el último proceso hasta el inicial.

Existen una serie de pasos que aseguran que los procesos subsecuentes no jalaran o requerirán arbitrariamente del proceso anterior, que son los siguientes:

- No se debe requerir material sin una tarjeta Kanban.
- Los artículos que sean requeridos no deben exceder el número de Kanban admitidos.
- Una etiqueta de Kanban debe acompañar siempre a cada artículo.
- 

### **Regla 3. Producir solamente la cantidad exacta requerida por el proceso subsiguiente.**

Esta regla fue hecha con la condición de que el mismo proceso debe restringir su inventario al mínimo, para esto se deben tomar en cuenta las siguientes observaciones:

- No producir más que el número de Kanban.
- Producir en la secuencia en la que los Kanban son recibidos.
- 

### **Regla 4. Balancear la producción**

De manera en que podamos producir solamente la cantidad necesaria requerida por los procesos subsecuentes, se hace necesario para todos los procesos, mantener al equipo y a los trabajadores de tal manera que puedan producir materiales en el momento necesario y en la cantidad necesaria. En este caso si el proceso siguiente pide material de una manera no continua con respecto al tiempo y a la cantidad, el proceso anterior requerirá personal y máquinas en exceso para satisfacer esa necesidad. En este punto es en el que hace énfasis la cuarta regla, la producción debe estar balanceada o suavizada (Smooth, equalized).

### **Regla 5. Kanban es un medio para evitar especulaciones**

Para los trabajadores, Kanban se convierte en su fuente de información para producción y transportación y ya que los trabajadores dependerán de Kanban para llevar a cabo su trabajo; el balance del sistema de producción se convierte en gran importancia.

No se vale especular sobre si el proceso siguiente va a necesitar más material la siguiente vez, tampoco, el proceso siguiente puede preguntarle al proceso anterior si podría empezar el siguiente lote un poco más temprano, ninguno de los dos puede mandar información al otro, solamente la que esta contenida en las tarjetas Kanban. Es muy importante que esté bien balanceada la producción.

### **Regla 6. Estabilizar y racionalizar el proceso**

El trabajo defectuoso existe si el trabajo no esta estandarizado y racionalizado, si esto no es tomado en cuenta seguirán existiendo partes defectuosas.

### **Flujo Kanban**

1. El operario dos necesita material, le lleva una tarjeta de movimiento al operador uno, éste la cuelga a un contenedor, descolgándole la tarjeta de producción y poniéndola en el tarjetero. Esta tarjeta lo autorizará a producir otro contenedor de material.
2. El operador dos se lleva el contenedor con la tarjeta de movimiento colgada (es el material que necesitaba).
3. El operario uno produce el material; lo pone en un contenedor, anudándole la tarjeta de producción; (que lo autorizó a producirlo).
4. Se repiten los pasos 1, 2 y 3; mientras no haya tarjeta, no se produce o se mueve.
5. La cantidad de tarjetas y contenedores en el sistema, sirve como regulador del inventario en proceso.

### **Principios del Mantenimiento de Calidad**

Los principios en que se fundamenta el Mantenimiento de Calidad son:

1. Clasificación de los defectos e identificación de las circunstancias en que se presentan, frecuencia y efectos.
2. Realizar un análisis físico para identificar los factores del equipo que generan los defectos de calidad
3. Establecer valores estándar para las características de los factores del equipo y valorar los resultados a través de un proceso de medición
4. Establecer un sistema de inspección periódico de las características críticas
5. Preparar matrices de mantenimiento y valorar periódicamente los estándares

### **Mantenimiento en Áreas Administrativas**

Este pilar tiene como propósito reducir las pérdidas que se pueden producir en el trabajo manual de las oficinas. Si cerca del 80 % del costo de un producto es determinado en las etapas de diseño del producto y de desarrollo del sistema de producción. El mantenimiento productivo en áreas administrativas ayuda a evitar pérdidas de información, coordinación, precisión de la información, etc. Emplea técnicas de mejora enfocada, estrategia de 5's, acciones de mantenimiento autónomo, educación y formación y estandarización de trabajos. Es desarrollado en las áreas administrativas con acciones individuales o en equipo.

**Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente**

Tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad. Emplea metodologías desarrolladas para los pilares mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo. Contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente.

**Especiales (Monotsukuri)**

Este pilar tiene como propósito mejorar la flexibilidad de la planta, implantar tecnología de aplazamiento, nivelar flujo, aplicar Justo a Tiempo y otras tecnologías de mejora de los procesos de manufactura.

**Producción Nivelada (Heijunka)**

Heijunka, o Producción Nivelada es una técnica que adapta la producción a la demanda fluctuante del cliente. La palabra japonesa Heijunka (pronunciado eh el kah del junio), significa literalmente "haga llano y nivelado". La demanda del cliente debe cumplirse con la entrega requerida del cliente, pero la demanda del cliente es fluctuante, mientras las fábricas prefieren que ésta esté "nivelada" o estable. Un fabricante necesita nivelar estas demandas de la producción.

La herramienta principal para la producción suavizadora es el cambio frecuente de la mezcla ejemplar para ser corrido en una línea dada. En lugar de ejecutar lotes grandes de un modelo después de otro, se debe producir lotes pequeños de muchos modelos en periodo cortos de tiempo. Esto requiere tiempos de cambio más rápidos, con pequeños lotes de piezas buenas entregadas con mayor frecuencia.

**Verificación de proceso (Jidoka)**

La palabra "Jidoka" significa verificación en el proceso, cuando en el proceso de producción se instalan sistemas Jidoka se refiere a la verificación de calidad integrada al proceso.

La filosofía Jidoka establece los parámetros óptimos de calidad en el proceso de producción, el sistema Jidoka compara los parámetros del proceso de producción contra los estándares establecidos y hace la comparación, si los parámetros del proceso no corresponden a los estándares preestablecidos el proceso se detiene, alertando que existe una situación inestable en el proceso de producción la cual debe ser corregida, esto con el fin de evitar la producción masiva de partes o productos defectuosos, los procesos Jidoka son sistemas comparativos de lo "ideal" o "estándar" contra los resultados actuales en producción. Existen diferentes tipos de sistemas Jidoka: visión, fuerza, longitud, peso, volumen, etc. depende del producto es el tipo o diseño del sistema Jidoka que se debe implantar, como todo sistema, la información que se alimenta como "ideal" o "estándar" debe ser el punto óptimo de calidad del producto.

Jidoka puede referirse a equipo que se detiene automáticamente bajo las condiciones anormales. Jidoka también se usa cuando un miembro del equipo encuentra un problema en su estación de trabajo. Los miembros del equipo son responsables para corregir el problema - si ellos no pueden, ellos pueden detener la línea -. El objetivo de Jidoka puede resumirse como:

- Calidad asegurando 100% del tiempo
- Averías de equipo previniendo
- Mano de obra usando eficazmente

**Dispositivos para prevenir errores (Poka Yoke)**

El término "Poka Yoke" viene de las palabras japonesas "poka" (error inadvertido) y "yoke" (prevenir). Un dispositivo Poka Yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo. La finalidad del Poka Yoke es eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

Los sistemas Poka Yoke implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Este enfoque resuelve los problemas de la vieja creencia que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, por lo que tiene un costo muy alto.

Un sistema Poka Yoke posee dos funciones: una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas, y la segunda es si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva. Los efectos del método Poka Yoke en reducir defectos va a depender en el tipo de inspección que se este llevando a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-chequeo, o chequeo continuo.

**Funciones reguladoras Poka Yoke****Métodos de Control**

Existen métodos que cuando ocurren anomalías apagan las máquinas o bloquean los sistemas de operación previniendo que siga ocurriendo el mismo defecto. Estos tipos de métodos tienen una función reguladora mucho más fuerte, que los de tipo preventivo, y por lo tanto este tipo de sistemas de control ayudan a maximizar la eficiencia para alcanzar cero defectos.

No en todos los casos que se utilizan métodos de control es necesario apagar la máquina completamente, por ejemplo cuando son defectos aislados (no en serie) que se pueden corregir después, no es necesario apagar la maquinaria completamente, se puede diseñar un mecanismo que permita "marcar" la pieza defectuosa, para su fácil localización; y después corregirla, evitando así tener que detener por completo la máquina y continuar con el proceso.

**Métodos de Advertencia**

Este tipo de método advierte al trabajador de las anomalías ocurridas, llamando su atención, mediante la activación de una luz o sonido. Si el trabajador no se da cuenta de la señal de advertencia, los defectos seguirán ocurriendo, por lo que este tipo de método tiene una función reguladora menos poderosa que la de métodos de control.

En cualquier situación los métodos de control son por mucho más efectivos que los métodos de advertencia, por lo que los de tipo control deben usarse tanto como sean posibles. El uso de métodos de advertencia se debe considerar cuando el impacto de las

anormalidades sea mínimo, o cuando factores técnicos y/o económicos hagan la implantación de un método de control una tarea extremadamente difícil.

## Clasificación de los métodos Poka Yoke

### 1. Métodos de contacto. Son métodos de

De un dispositivo sensitivo detecta las anormalidades en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.

**2. Método de valor fijo.** Con este método, las anormalidades son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número predeterminado de veces.

**3. Método del paso-movimiento.** Estos son métodos en el cual las anormalidades son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizados con movimientos predeterminados. Este extremadamente efectivo método tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se este planeando la implantación de un dispositivo Poka Yoke.

## Medidores utilizados en sistemas Poka Yoke

Los tipos de medidores pueden dividirse en tres grupos:

- **Medidores de contacto**

**Interruptor en límites, microinterruptores.** Estos verifican la presencia y posición de objetos y detectan herramientas rotas, etc. Algunos de los interruptores de límites están equipados con luces para su fácil uso.

**Interruptores de tacto.** Se activan al detectar una luz en su antena receptora, este tipo de interruptores pueden detectar la presencia de objetos, posición, dimensiones, etc., con una alta sensibilidad.

**Transformador diferencial.** Cuando se pone en contacto con un objeto, un transformador diferencial capta los cambios en los ángulos de contacto, así como las diferentes líneas en fuerzas magnéticas, esto es de gran ayuda para objetos con un alto grado de precisión.

**Trimetron.** Un calibrador digital es lo que forma el cuerpo de un "trimetron", los valores de los límites de una pieza pueden ser fácilmente detectados, así como su posición real. Este es un dispositivo muy conveniente ya que los límites son seleccionados electrónicamente, permitiendo al dispositivo detectar las medidas que son aceptadas, y las piezas que no cumplen, son rechazadas.

**Relevador de niveles líquidos.** Este dispositivo puede detectar niveles de líquidos usando flotadores

## Medidores sin-contacto

**Sensores de proximidad.** Estos sistemas responden al cambio en distancias desde objetos y los cambios en las líneas de fuerza magnética. Por esta razón deben de usarse en objetos que sean susceptibles al magnetismo.

**Interruptores fotoeléctricos (transmisores y reflectores).** Interruptores fotoeléctricos incluyen el tipo transmisor, en el que un rayo transmitido entre dos interruptores fotoeléctricos es interrumpido, y el tipo reflector, que usa el reflejo de las luces de los rayos. Los interruptores fotoeléctricos son comúnmente usados para piezas no ferrosas, y los de tipo reflector son muy convenientes para distinguir diferencias entre colores. Pueden también detectar algunas áreas por la diferencia entre su color.

**Sensores de luces (transmisores y reflectores).** Este tipo de sistemas detectores hacen uso de un rayo de electrones. Los sensores de luces pueden ser reflectores o de tipo transmisor.

**Sensores de fibras.** Estos son sensores que utilizan fibras ópticas.

**Sensores de áreas.** La mayoría de los sensores detectan solo interrupciones en líneas, pero los sensores de áreas pueden detectar aleatoriamente interrupciones en alguna área.

**Sensores de posición.** Son un tipo de sensores que detectan la posición de la pieza.

**Sensores de dimensión.** Son sensores que detectan si las dimensiones de la pieza o producto son las correctas.

**Sensores de desplazamiento.** Estos son sensores que detectan deformaciones, grosor y niveles de altura.

**Sensores de metales.** Estos sensores pueden detectar cuando los productos pasan o no pasan por un lugar, también pueden detectar la presencia de metal mezclado con material sobrante.

**Sensor de colores.** Estos sensores pueden detectar marcas de colores, o diferencias entre colores. A diferencia de los interruptores fotoeléctricos estos no necesariamente tienen que ser utilizados en piezas no ferrosas.

**Sensores de vibración.** Pueden detectar cuando un artículo esta pasando, la posición de áreas y cables dañados.

**Sensor de piezas dobles.** Estos son sensores que pueden detectar dos productos que son pasados al mismo tiempo.

**Sensores de roscas.** Son sensores que pueden detectar maquinados de roscas incompletas.

**Fluido de elementos.** Estos dispositivos detectan cambios en corrientes de aire ocasionados por la colocación o desplazamiento de objetos, también pueden detectar brocas rotas o dañadas.

Medidores de presión, temperatura, corriente eléctrica, vibración, número de ciclos, conteo, y transmisión de información

**Detector de cambios de presión.** El uso de calibradores de presión o interruptores sensitivos de presión, permite detectar la fuga de aceite de alguna manguera.

**Detector de cambios de temperatura.** Los cambios de temperatura pueden ser detectados por medio de termómetros, termostatos, coples térmicos, etc. Estos sistemas pueden ser utilizados para detectar la temperatura de una superficie, partes electrónicas y motores, para lograr un mantenimiento adecuado de la maquinaria, y para todo tipo de medición y control de temperatura en el ambiente industrial.

**Detectores de fluctuaciones en la corriente eléctrica.** Relevadores métricos son muy convenientes por ser capaces de controlar las causas de los defectos por medio de la detección de corrientes eléctricas.

**Detectores de vibraciones anormales.** Miden las vibraciones anormales de una maquinaria que pueden ocasionar defectos, es muy conveniente el uso de este tipo de detectores de vibración.

**Detectores de conteos anormales.** Para este propósito se deben de usar contadores, ya sean con relevadores o con fibras como sensores.

**Detectores de tiempo y cronometrajes.** Cronómetros, relevadores de tiempo, unidades cronometradas, e interruptores de tiempo pueden usarse para este propósito.

**Medidores de anomalías en la transmisión de información.** Puede usarse luz o sonido, en algunas áreas es mejor un sonido ya que capta más rápidamente la atención del trabajador ya que si este no ve la luz de advertencia, los errores van a seguir ocurriendo. El uso de colores mejora de alguna manera la capacidad de llamar la atención que la luz simple, pero una luz parpadeante es mucho mejor.

### **Comparación en la aplicación de distintos tipos de dispositivos contra errores**

La siguiente figura nos indica los tipos de dispositivos contra errores que existen actualmente, quien los emplea, el costo clasificado en bajo, medio, alto o muy alto, cuánto mantenimiento requiere y la confiabilidad del dispositivo.



Tipo	Fuente	Costo	Mantenimiento	Confiabilidad
Físico / mecánico	Empleados	Bajo	Muy bajo	Muy alta
Electro / mecánico	Especialistas	Más alto	Bajo	Alta
Electrónicos	Poco especialistas	Más alto	Bajo pero especializado	Alta

**Figura 6. Tipos de Poka Yoke**

Se puede observar que conforme la aplicación se torna más tecnológica, el costo también se incrementa. Lo que se necesita hacer es encontrar la solución al problema, no justificar la compra de un dispositivo muy costoso.

### Características principales de un buen sistema Poka Yoke:

- Son simples y baratos. Si son demasiado complicados o caros, su uso no será rentable
- Son parte del proceso. Son parte del proceso, llevan a cabo "100%" de la inspección
- Son puestos cerca o en el lugar donde ocurre el error. Proporcionan feedback rápidamente par que los errores puedan corregirse

### Indicador Visual (Andon)

Término japonés para alarma, indicador visual o señal, utilizado para mostrar el estado de producción, utiliza señales de audio y visuales. Es un despliegue de luces o señales luminosas en un tablero que indican las condiciones de trabajo en el piso de producción dentro del área de trabajo, el color indica el tipo de problema o condiciones de trabajo. Andon significa ¡AYUDA!

El Andon puede consistir en una serie de lámparas en cada proceso o un tablero de las lámparas que cubren un área entera de la producción. El Andon en un área de asamblea será activado vía una cuerda del tirón o un botón de empuje por el operador. Un Andon para una línea automatizada se puede interconectar con las máquinas para llamar la atención a la necesidad actual de las materias primas. Andon es una herramienta usada para construir calidad en nuestros procesos.

Si un problema ocurre, la tabla de Andon se iluminará para señalar al supervisor que la estación de trabajo está en problema. Una melodía se usa junto con la tabla de Andon para proporcionar un signo audible para ayudar al supervisor a comprender hay un problema en su área. Una vez el supervisor evalúa la situación, él o ella puede tomar pasos apropiados para corregir el problema. Los colores usados son:

- **Rojo:** Máquina descompuesta
- **Azul:** Pieza defectuosa
- **Blanco :** Fin de lote de producción
- **Amarillo:** Esperando por cambio de modelo
- **Verde:** Falta de Material
- **No luz:** Sistema operando normalmente

### **Cambio rápido de modelo (SMED)**

SMED significa "Cambio de modelo en minutos de un sólo dígito", Son teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos. Desde la última pieza buena hasta la primera pieza buena en menos de 10 minutos. El sistema SMED nació por necesidad para lograr la producción Justo a Tiempo. Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, posibilitando hacer lotes más pequeños de tamaño. Los procedimientos de cambio de modelo se simplificaron usando los elementos más comunes o similares usados habitualmente.

#### **Objetivos de SMED**

- Facilitar los pequeños lotes de producción
- Rechazar la fórmula de lote económico
- Correr cada parte cada día (fabricar)
- Alcanzar el tamaño de lote a 1
- Hacer la primera pieza bien cada vez
- Cambio de modelo en menos de 10 minutos
- Aproximación en 3 pasos

#### **1. Eliminar el tiempo externo (50%)**

Gran parte del tiempo se pierde pensando en lo que hay que hacer después o esperando a que la máquina se detenga. Planificar las tareas reduce el tiempo (el orden de las partes, cuando los cambios tienen lugar, que herramientas y equipamiento es necesario, qué personas intervendrán y los materiales de inspección necesarios). El objetivo es transformar en un evento sistemático el proceso, no dejando nada al azar. La idea es mover el tiempo externo a funciones externas.

#### **2. Estudiar los métodos y practicar (25%)**

El estudio de tiempos y métodos permitirá encontrar el camino más rápido y mejor para encontrar el tiempo interno remanente. Las tuercas y tornillos son unos de los mayores causantes de demoras. La unificación de medidas y de herramientas permite reducir el tiempo. Duplicar piezas comunes para el montaje permitirá hacer operaciones de forma externa ganando este tiempo de operaciones internas.

Para mejores y efectivos cambios de modelo se requiere de equipos de gente.

Dos o más personas colaboran en el posicionado, alcance de materiales y uso de las herramientas. La eficacia esta condicionada a la práctica de la operación. El tiempo empleado en la práctica bien vale ya que mejoraran los resultados.

#### **3. Eliminar los ajustes (15%)**

Implica que los mejores ajustes son los que no se necesitan, por eso se recurre a fijar las posiciones.

Se busca recrear las mismas circunstancias que la de la última vez.

Como muchos ajustes pueden ser hechos como trabajo externo se requiere fijar las herramientas.

Los ajustes precisan espacio para acomodar los diferentes tipos de matrices, troqueles, punzones o utillajes por lo que requiere espacios estándar.

## Beneficios de SMED

- Producir en lotes pequeños
- Reducir inventarios
- Procesar productos de alta calidad
- Reducir los costos
- Tiempos de entrega más cortos
- Ser más competitivos
- Tiempos de cambio más confiables
- Carga más equilibrada en la producción diaria

## VALUE STREAM MAP (MAPA DE FLUJO DE VALOR)

El Value Stream Map es una herramienta de papel y lápiz que ayuda a ver y a entender el flujo de materiales e información de un producto o servicio a través de la cadena de valor. Es una herramienta típica de Lean, y es diferente al diagrama de flujo de Six Sigma en 4 formas:

- 1) obtiene y despliega una mayor cantidad de información que un mapa de proceso típico
- 2) tiende a ser de un nivel superior (5-10 cajas) que cualquier diagrama de flujo.
- 3) Tiende a tomar un espectro de mayor alcance (toda la cadena de valor) que puede ir desde la recepción de materia prima hasta la entrega de bienes terminados.
- 4) Tiende a ser usado para identificar donde está el foco de los proyectos, subproyectos y/o eventos de mejora.

Un mapa de valor (también conocido como mapa de sistema end to end) toma en cuenta no solo las actividades, sino la administración de la información que soporta al proceso base. Esto es especialmente útil cuando trabajamos en la reducción de ciclos de tiempo, porque ganamos una visión interna en el flujo de toma de decisiones además del flujo del trabajo.

La idea básica es primero obtener el mapa de proceso, después sobre el mapear el flujo de información que permita que se genere el producto.

El término Value Stream se refiere a todas las actividades que la organización debe hacer para diseñar, ordenar, producir, y entregar productos y servicios a los clientes.

Un mapa de flujo de valor tiene los siguientes elementos:

- el flujo de materiales, desde que se recibe de los clientes, hasta que se entrega a los clientes.
- La transformación de materias primas en productos terminados
- El flujo de información que soporta y dirige ambos.

Comúnmente hay varios flujos de valor operando en una organización; los flujos de valor también pueden incluir más de una organización.

¿Qué hace un Value Stream Map?

Un Value Stream Map usa gráficos simples o íconos que muestran la secuencia y el movimiento de información, materiales y actividades en el flujo de valor de la organización.

Ayuda a los colaboradores a entender como las partes aisladas en el proceso se combinan para crear productos o servicios.

¿Por qué usarlo?

Un Value Stream Map es el primer paso para que la organización pueda iniciar una iniciativa de mejora bajo los principios de Administración Esbelta. Una iniciativa de este tipo comienza con el acuerdo de entre los colaboradores acerca del estado actual de los procesos. El desarrollo de un mapa de valor, permite a todos entender perfectamente y estar de acuerdo en cómo se produce el valor y donde están los desperdicios. Crear un mapa de valor también los siguientes beneficios:

- Dar realce a las conexiones entre actividades, información y flujo de materiales que impactan el tiempo de ejecución del flujo de valor.
- Ayuda a los colaboradores a entender el valor total de las operaciones de la organización más allá de las simples actividades o funciones.
- Mejora el proceso de toma de decisiones de todos los miembros del equipo, ayudándolos a entender y aceptar el estado de las prácticas actuales.
- Crea un lenguaje común y de entendimiento entre los colaboradores a través del uso de símbolos estándar.
- Ayuda a separar actividades de valor agregado de actividades que no agregan valor después medir su tiempo de desempeño.
- Provee un camino para que los colaboradores identifiquen y eliminen fácilmente áreas desperdicio.

¿En qué áreas debo enfocarme para crear un Value Stream Map?

Para crear efectivamente un Value Stream Map debemos de enfocarnos en las siguientes áreas:

- a. *El flujo de información* – desde la recepción de una solicitud por un usuario hasta el diseño, producción, control, almacenamiento, envío y proceso de auditoria.
- b. *Actividades de producción* – que son las tareas que físicamente realizan los colaboradores para producir o entregar un producto o servicio.
- c. *Flujo de materiales*, el movimiento físico de materiales desde que se reciben, a través de toda la organización y hasta la entrega de productos o servicios terminados.
- d. *Valor para el usuario*, que es un aspecto relacionado con el producto servicio por el cual el usuario está dispuesto a pagar.
- e. *Un sistema push* donde los materiales son automáticamente movidos de una operación a otra sean o no requeridos.
- f. *Un sistema pull* donde los materiales son movidos de una operación a otra basados en una solicitud de la operación siguiente.
- g. *Cualquier desperdicio* involucrado en las operaciones del negocio

- h. *Takt time* que es el total de tiempo laboral disponible por día o turno dividido entre los requerimientos de demanda por el cliente por día o por turno. El *Takt time* compara la capacidad de producción contra las demandas del usuario.
- i. *Lead time*, que es el tiempo que toma completar una actividad o proceso del inicio a fin.

### ¿Cómo creo un Value Stream Map?

Para iniciar, es conveniente que los involucrados en el equipo, realicen por sí mismos en forma separada su Value Stream Map. Generalmente, cada colaborador realizará un mapa diferente. Después, comparando mapas y trabajando juntos para alcanzar el consenso, el equipo de trabajo puede desarrollar el acercamiento más atinado. A continuación presentamos una lista de pasos a seguir:

- I. Selecciona un producto o servicio a mapear. Realiza un rápido paseo del flujo de trabajo para ver la forma en que los materiales y la información fluyen, estando seguros de que hemos identificado todos los componentes del flujo de trabajo. No trabajes de memoria, observa el flujo de valor de acción. Entrevista a cada miembro del equipo en cada turno, si es aplicable. Verifica tus observaciones contra los procedimientos documentados, rutinas, circulares y memorandos.  
Recuerda registrar exactamente que ves sin hacer algún juicio. No pierdas tiempo debatiendo los méritos de una actividad o si es la secuencia adecuada; solo registra lo que pasa en la realidad.
- II. identifica un cliente representativo del producto o servicio bajo revisión. Una vez que lo has identificado, consigue información acerca de las cantidades, frecuencias y número de variaciones del producto o servicio. Esta información le ayudará a establecer el Takt Time para el producto o servicio.
- III. Inicia el mapeo del Value Stream Map, empezando con los requerimientos del cliente y yendo a través de las actividades de producción mayores. El resultado es un mapa de valor del estado actual del proceso. Empieza mapeando el flujo de valor dibujando en notas Post – it, lo cual puede ayudar a reorganizar fácilmente el proceso conforme el equipo se pone de acuerdo.
- IV. Añade los íconos de flujo de producción, flujo de material flujo de información, y administración plana al mapa de valor. Durante la recolección de datos, registra si la información es comunicada en tiempo real o en lotes, muestra el tamaño de los lotes, con que frecuencia se envían y la demora del proceso. Identifica cada ubicación donde el material es almacenado, puesto en espera o es movido. Si la organización utiliza un sistema Kanban muestra el uso de las cajas nivel o tarjetas kanban. Muestra también el lugar donde son usadas. Identifica todas las actividades que no agregan valor en los flujos de información, producción o materiales.
- V. Crea una gráfica de lead time, en la parte baja del mapa de valor, mostrando los lead times de actividades de valor agregado y actividades que no aportan valor.
- VI. Revisa el mapa de todos los colaboradores que estén involucrados en el flujo de Valor que se ha mapeado para asegurarnos de que no se ha olvidado ningún elemento.

¿Cómo uso el Value Stream Map para hacer futuras mejoras en mi organización?

Después de aplicar el mapa es necesario aplicar algunas de las siguientes acciones:

1. Observa tu Takt Time

La meta es mantener el flujo de valor agregado en el Taka Time.

Recuerda que puede ser calificado de la siguiente forma:

$$takt' time = \frac{\text{tiempo diario disponible para la producción}}{\text{cantidad diaria requerida de productos}}$$

Cuando el flujo de valor produce por encima de Takt Time, se genera sobreproducción o capacidad ociosa; cuando produce debajo del Takt time, tenemos problemas para cumplir con la demanda. Si el flujo de valor no está produciendo el Takt time, investiga las posibles causas.

2. Aplica principios de flujo en una sola pieza

¿Tú flujo de valor tiene grandes lotes o demoras en el proceso? Esas demoras pueden ocurrir en cualquiera de los flujos. Para reducir estas demoras utiliza principios de flujo de una sola pieza.

3. Utiliza técnicas de cambio rápido, prueba de errores y administración visual.

- Puedes utilizar técnicas de cambio de rápido para incrementar la velocidad del proceso, de esta forma la organización estará en capacidad de correr lotes mas pequeños y liberar la capacidad producción. Si la variabilidad de nuestros productos o servicios es alta, entonces los cambios rápidos ayudarán a reducir el número de actividades que necesitamos correr por día, semana o mes.
- Puedes utilizar técnicas de prueba de errores para asegurarnos de que no se dejan pasar productos a través de la línea de actividades. En la medida en que los lotes son menores, el impacto de los defectos en las células en de producción es mayor. Esto es especialmente cierto si los defectos detienen el flujo del proceso.
- Puede establecer de actividades de administración visual, como las 5's. un buen organizado y bien mantenido espacio de trabajo ayuda a que las operaciones se ejecuten de manera segura y apropiada, lo cual ayuda a los resultados de calidad.

Cuando un Black Belt inexperto inició su jornada Six Sigma, le pregunto a su primer Master Black Belt cuál herramienta de mapeo debía usar - ¿mapeo detallado o Value Stream Map? Se sorprendió con la respuesta del mentor "DEPENDEN". Ahora, habiendo utilizado ambas, el entiende porqué. Las metas de los proyectos, la disponibilidad de

recursos y los tiempos de entrega son factores que contribuyen en decidir cuál herramienta será la mejor. La experiencia en los proyectos también ayuda a determinar cuál será más útil.

Para aquellos que están iniciando en Six Sigma y se preguntan cual mapa deben usar, es importante entender las diferencias entre los dos. En términos generales, los value stream map identifican el desperdicio dentro y entre los procesos, mientras que los mapas detallados identifican la grandes Y's ( de la voz del cliente), las y's (salidas de los procesos) e identifican y clasifican x's (entradas).

Los Value Stream Maps toman una vista de alto nivel del flujo de bienes en la compañía del cliente a proveedor, de proveedor a cliente y de cliente a cliente. Generalmente incluyen 10 pasos. Los practicantes pueden encontrar el cuello de botella en los procesos de una compañía. Las métricas clave capturadas son ciclos de tiempo, grado de defectos, tiempos de espera, headcount, niveles de inventario, tiempos de cambio, etc.

En comparación, los mapas de proceso detallados proveen una lista mas detallada en al profundidad del proceso. Uno captura los insumos y las salidas para cada paso en proceso y clasifica cada una como crítica, ruido, operación, estándar controlable. La clave para usar esta herramienta es el control de los insumos y el monitoreo de los productos. El mapeo detallado, también ayuda a documentar los puntos de decisión dentro del proceso.

Mientras que la mayoría de las personas están familiarizadas con los conceptos de los mapas detallados y de alto nivel, muchos necesitan mayor información en los Value Stream Maps, este une todos los pasos (con valor y sin valor agregado) con una base de lo que el cliente está dispuesto a pagar para tener un producto o servicio a través del flujo principal esencial para generar el producto. En donde la frase crítica es "tomando en cuenta lo que el cliente está dispuesto a pagar"

Entonces, para que un grupo de trabajo pueda identificar su cadena de valor, necesita determinar:

- 1) El valor en el proceso con la óptica del cliente.
- 2) Los pasos requeridos para entregar el producto o servicio al cliente.
- 3) Lo que es significativo en cada uno de ellos.

Existen pasos que agregan valor y otros que no. Algunos pasos pueden no agregar valor por regulaciones, políticas y tecnologías actuales, no pueden ser eliminados, al menos no inmediatamente.

Sin embargo, un equipo Six Sigma debe encontrar pasos que no generan valor y que deben ser eliminados beneficiando la línea base del proyecto.

### Tres pasos para entender un Value Stream

- 1) Crear una lista de productos y agruparlos en familias.
- 2) Determinar cuál es un producto primario
- 3) Documenta los pasos del proceso

- Grupos de trabajo multihabilidades
- Jidoka (prueba de errores)
- Just in Time

Es un sistema de planeación para la manufactura que optimiza la disponibilidad de inventarios de materiales en el sitio de manufactura bajo los parámetros de qué, cuando y cuánto es necesario.

JIT es un sistema PULL donde el producto es jalado hasta el final, en contra de lo convencional producción en masa. Es posible utilizar varias herramientas como el KANBAN, ANDON y DISEÑO DE CELDAS. Otras herramientas incluyen shojinka, smed, jidoka, poka – yoke y kaizen.

- Celdas de manufactura
- Flujo de una sola pieza (Takt time)
- Reducción de la puesta en marcha (SMED)
- Sistemas pull (Kanban)
- Suavizado de la producción
- Flujo de trabajo balanceado
- Reducción de inventarios
- Administración visual
- TPM (Mantenimiento Total Productivo)

Se han formulado 5 leyes del Lean Six Sigma para proveer dirección a los esfuerzos de mejora. Las leyes son la conglomeración de ideas clave de Lean Six Sigma

Ley 0: La ley del Mercado – Los críticos para la calidad del cliente definen la calidad y son la más alta prioridad para la mejora, seguida por el ROI y el VPN. Esto es llamado la Ley Zeroth y es la base en la que el resto se construye.

Ley 1: La ley del Foco – 20% de las actividades en un proceso provocan el 80% de la demora (Relacionada con el principio de Pareto)

Ley 2: Ley de la flexibilidad – la velocidad de cualquier proceso es proporcional a la flexibilidad de un proceso.

Ley 3: Ley de la Velocidad – La velocidad de cualquier proceso es inversamente proporcional al monto de WIP. También llamado ley Liale



**Ley 4:** La complejidad de un servicio o producto añade más desperdicio, costos y WIP que cualquier otro elemento de calidad pobre (bajo nivel sigma) o disminuye la velocidad (no – Lean) de un proceso.

En este momento sabemos como realizar un mapa de valor, estos mapas siempre trazan el flujo de materiales del flujo de información de regreso desde el cliente ¿y ahora que? ¿Qué guías debo de seguir para dibujar y rápidamente implementar un mapa de estado ideal?

Primero veremos lo que no se debe de hacer. No esperes hasta que el mapa actual sea perfecto. Esto nunca sucederá y siempre existirá alguien que este bloqueando el avance hasta conseguir el mapa perfecto. Nuestro consejo es realizar el mapa actual involucrando a todos los que tengan algún conocimiento que aportar. Después cierra el mapa cuando tengas la certeza de que será una buena guía para la acción e inicia un mapa futuro.

Para hacer este mapa tenemos que contestar a ocho preguntas.

### 1. ¿Qué es el Takt Time?

Takt time es el intervalo de tiempo en el que deberías generar un producto en aras de cumplir con las especificaciones del cliente basado en el radio de ventas. Puedes calcular el Takt Time fácilmente dividiendo el requerimiento del cliente por unidad de tiempo (generalmente turno o día) entre el tiempo de producción disponible por unidad de tiempo.

Por ejemplo:

Si tu cliente requiere de 960 productos al día y tú trabajas dos turnos con 480 minutos de producción programada en cada turno, entonces el Takt Time es de 1 minuto.

Si produces más rápidamente que uno por minuto, entonces tendrás que acumular inventario. Esto requerirá personal extra, contenedor, espacio de piso, y equipo para mover y almacenar el inventario.

Producir más rápido que el Takt time puede crear largos tiempos de avanzada para el cliente.

Alternativamente, si trabajas más espacio que el Takt Time, puedes cumplir con la demanda del cliente.

El takt time no es mas que el latido del corazón del mercado y cada gerente, ingeniero y operador necesita mantenerlo constantemente en mente.

### 2. ¿Produciremos directamente al embarque, o producirémos a un punto de venta?

La respuesta depende del tipo de cliente y la naturaleza del producto. Entraremos en la categoría de punto de venta, si el rango de partes terminadas que requieren cambios en la familia de productos es pequeña, y si el producto es suficientemente pequeño y barato para almacenarse con bajo costo. En forma alternativa producirémos directamente para el

embarque si el producto tiene muchas características especiales, es de un alto valor, es muy espacioso o es sujeto de sufrir daños.

3. ¿Dónde podemos introducir flujo continuo?

El flujo continuo es constantemente la forma de generar un producto de manera más efectiva y satisfactoria para el cliente. Sin embargo, podemos introducir únicamente flujo continuo (de una sola pieza) cuando las tecnologías de procesado pueden ser escaladas para correr en el Takt time y cuando una serie de procesos ligados son altamente repetibles y siempre disponibles. Esto significa que el lugar para iniciar la introducción del flujo continuo es usualmente el principio del marcapasos del proceso.

4. ¿Dónde necesitamos usar sistemas Pull de supermercado?

Los pensadores Lean siempre buscan agresivamente oportunidades para crear flujo continuo, sin embargo, tener flujo continuo desde la materia prima hasta el cliente es prácticamente imposible, dado a las distancias y tecnologías de los procesos. Entonces necesitaremos introducir un número de "supermercados" para controlar y nivelar la producción desde el marcapasos.

5. ¿En que punto de nuestra cadena de valor programaremos la producción?

Queremos detener la sobreproducción en cualquier punto posible de nuestra cadena de valor. Para hacer eso nosotros programamos solo un punto a lo largo de la cadena, este punto es llamado marcapasos. Los procesos sucesores y predecesores están ligados al marcapasos por dos reglas simples.

A. Cada actividad sucesora produce solo una señal precisa del proceso predecesor

B. El proceso predecesor al marcapasos debe ocurrir en flujo continuo (con la excepción de bienes finales de supermercado)

El resultado final de este sistema de control será que el marcapasos obtiene un programa y cada uno de los otros procesos cae en este paso.

Una vez que el marcapasos y los procesos son elegidos (típicamente una celda de ensamble), este debe ser cuidadosamente administrado para asegurar el nivel de confiabilidad, cortos tiempos de cambio y cambios frecuentes para que el proceso pueda ser cercanamente sincronizado con el Takt time. Liberando y tomando aparte pequeñas cantidades de trabajo del marcapasos frecuentemente, creamos un indicador sensible donde se encuentran los problemas de producción a lo largo de la cadena de valor.

Esa pequeña cantidad de trabajo separada del marcapasos es usualmente un múltiplo del Takt Time correspondiente al empaque de una cantidad de producto, un monto de tiempo llamado el "pitch increment". Por ejemplo, si un producto es generado cada minuto por el marcapasos el empaque incluye 12 productos, el incremento en la velocidad será de 12 veces.

6. ¿Cómo nivelamos la producción con el marcapasos?

En un sistema de producción tradicional orientado a lotes los gerentes probablemente tomarían un paquete de ordenes de una semana, los correría a través de un MRP y generaría un programa para una semana que minimizaría el número de cambios y maximizaría el tiempo de producción disponible. Los pensadores Lean saben que hacerlo

de esta manera también maximiza los inventarios, lead times y los problemas de calidad mientras incrementan los costos.

La alternativa es tomar las órdenes y romperlas en pequeñas cantidades, cambiando entre ellas frecuentemente, entre diferentes productos. En lugar de correr 960 productos A el lunes y el martes; 960 B's el Miércoles y el jueves y 960 C's el viernes, el gerente Lean trataría de correr algunas A's, después de algunas B's, después de algunas C's en un patrón de 2A's, 2B's y una C.

Dado que los tiempos de cambio no serán cero y existirán muchas partes almacenadas en cada estación de trabajo, será necesario en el primer escenario correr un numero de considerable de A's, después de un numero considerable de B's y después la mitad de C's pero cada planta Lean querrá al menos intentar hacer cada día cada proceso para iniciar y reducir los tamaños de los lotes. La ventaja obvia de este método, además de disminuir los inventarios y rápidamente estar alertas acerca de los problemas de la calidad, es que en la manera en que la demanda cambia es fácil ajustar la producción sin esperar al programa de las siguientes semanas o urgir las órdenes a través del sistema.

7. ¿Qué incremento de trabajo libraremos y dejaremos fuera del proceso?

Por lo general, el retiro no debe ser menor que el tamaño de un empaque, pero es altamente deseable que no sea mucho mas grande. Dado que las celdas del marcapasos deben recibir una instrucción con intervalos de pocos minutos de lo que harán después, típicamente generados por kanban de un heijunka o caja de nivelado de carga localizada cerca del marcapasos. En el ejemplo anterior, con un takt time de un minuto y un empaque de doce productos, sería apropiado configurar un retiro con un intervalo de 12 minutos para instrucciones de producción de la caja heijunka en la forma de un kanban para cada incremento de velocidad. El kanban puede ser distribuido por el tenedor de los materiales quien viene al marcapasos cada 12 minutos con nuevas instrucciones de producción y partes, y quién toma separado el paquete de productos terminados.

Una vez que hemos contestado las siete preguntas, estamos listos para contestar una final.

8. ¿Qué mejoras en el proceso serán necesarias para implementar los cambios sugeridos al contestar las preguntas anteriores?

Una vez contestadas las preguntas anteriores será mucho más fácil contestar esta última.

## BIBLIOGRAFÍA

LEAN SIGMA FOR SERVICES

George Michael

SIX SIGMA

TENNANT, GEOFF

QUALITY TOOLS

TREAGUE NANCY

KANBAN

TOYOTA. JUST IN TIME

SHINGEO SHINGO

LEAN MANUFACTURING