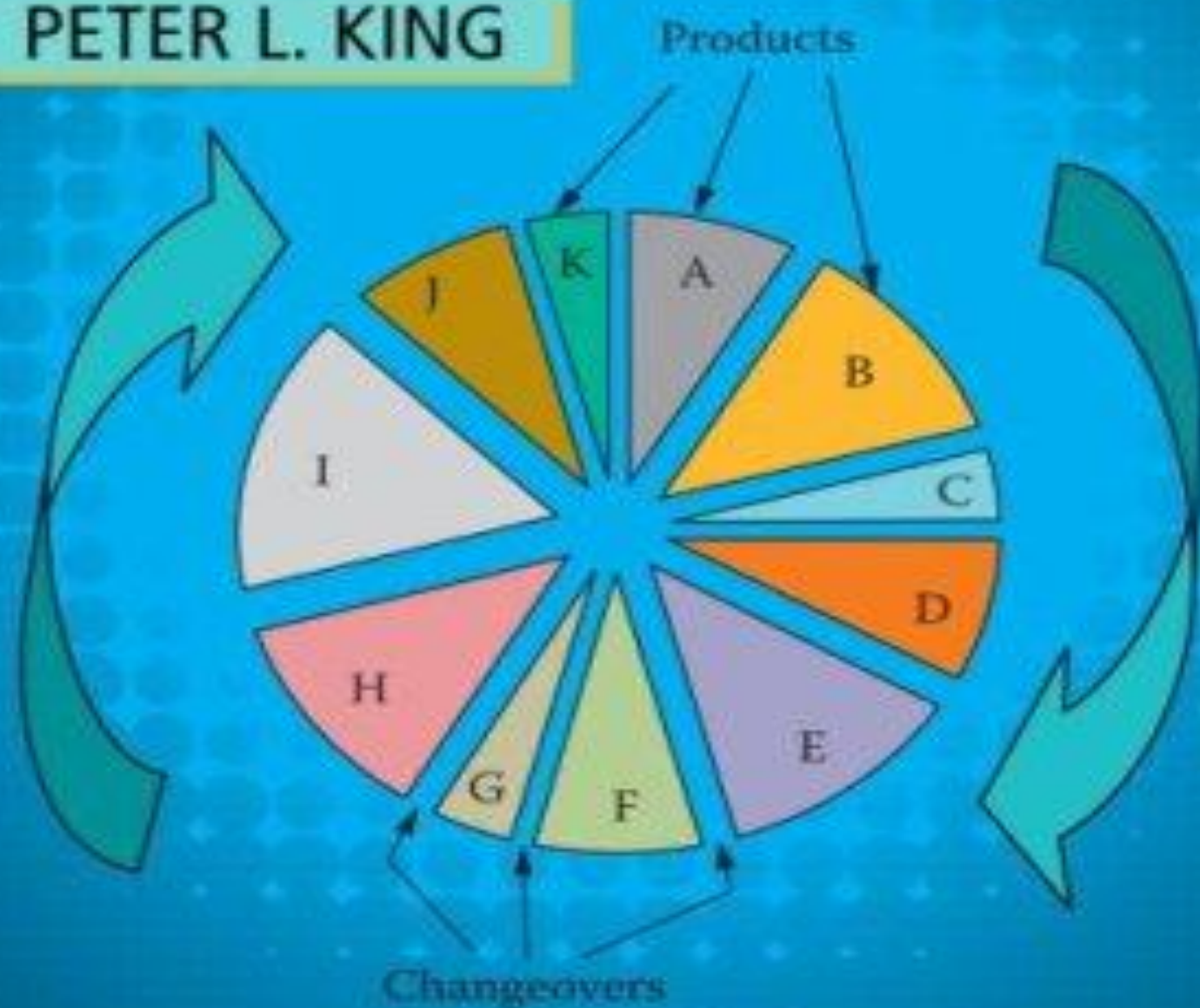


Lean for the Process Industries

Dealing With Complexity

PETER L. KING



CRC Press
Taylor & Francis Group

A PRODUCTIVITY PRESS BOOK

Índice

<i>Cap. 1. Enfoque Lean: Principios y Herramientas</i>	3
<i>Cap. 2. Características Distintivas de Manufactura en Industria de Proceso</i>	7
<i>Cap. 3. Los Siete (u Ocho, o Nueve) Desperdicios en la Industria de Procesos</i>	9
<i>Cap. 4. Mapeo de Flujo Valor en la Industria de Procesos</i>	10
<i>Cap. 5. Leyendo y Analizando el Mapa de Valor Flujo en el Estado Actual</i>	11
<i>Cap. 6. Total Productive Maintenance</i>	13
<i>Cap. 7. Reducción de “Setup” y SMED</i>	15
<i>Cap. 8. Administración Visual</i>	16
<i>Cap. 9. Eventos Kaizen</i>	18
<i>Cap. 10. Encontrando, Administrando y Mejorando Cuellos de Botella</i>	20
<i>Cap. 11. Manufactura en Celdas en la Industria de Procesos</i>	21
<i>Cap. 12. Planeación, Secuencia y Nivelación de la Producción</i>	23
<i>Cap. 13. Terminar a Pedido</i>	26
<i>Cap. 14. Sistemas de Reposición “Pull”</i>	27
<i>Cap. 15. Diseño de Supermercado</i>	29
<i>Cap. 16. La Importancia del Liderazgo y Procesos Robustos de Negocios</i>	32

Cap. 1. Enfoque Lean: Principios y Herramientas

En los años 80's, muchas compañías occidentales empezaron a adoptar nuevos principios de manufactura. Todos ellos basados en gran parte en conceptos desarrollados por Toyota, en los años 40's y en continuo crecimiento hasta los 80's. La atención prestada a Toyota era mínima hasta 1980, cuando la competitividad mundial cambiaba dramáticamente, las industrias occidentales veían sus mercados desaparecer mientras eran tomados por compañías Japonesas. Existían varias creencias de las causas: los Japoneses tenían robótica y automatización, salarios más bajos, productos sin margen de venta o menor al costo. El MIT se interesó en obtener la verdad y sus estudios revelaron que no era lo que se pensaba, sino existían una cultura fundamentalmente diferente con actitudes específicas sobre calidad, desperdicio, servicio al cliente, en definitiva habían creado una nueva cultura de trabajo en la compañía.

Las dificultades y los retos que surgieron en Japón en los años 40's eran una labor complicada para la industria manufacturera: el espacio era limitado, no existían los recursos naturales abundantes como en países como Estados Unidos, los sindicatos exigían mejores condiciones de trabajo, existía una gran competencia queriendo posicionarse en el mercado japonés, no existía una fuerza laboral migrante dispuesta a hacer trabajo repetitivo, el mercado era muy pequeño en Japón; Toyota producía menos carros en un año que lo que producía Ford en un día. La situación exigía que se hicieran cambios drásticos si querían competir exitosamente. Ellos decidieron que como tenían pocos recursos disponibles para ellos, no podían desperdiciar nada, entonces se embarcaron en una búsqueda exhaustiva por eliminar todo el desperdicio. Los genios como Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eiji Toyoda, aprendieron de Ford respecto a la velocidad y flujo. En realidad, Toyoda and Ohno visitaron plantas de Ford en varias ocasiones, fueron impresionados con lo que vieron y fueron forzados a modificar gran parte para adaptarlo a sus necesidades.

El desarrollo de lo hecho en Toyota por 30 años, ahora es conocido como *Toyota Production System* (TPS). Todo cambió cuando en 1990 con la publicación de *The Machine That Changed the World*, un libro que contenía 5 años de estudio de MIT sobre la industria automotriz en el mundo, adjudicaron el término *lean production* para representar TPS. El concepto *lean* en manufactura se estableció como una institucionalización de una mentalidad de mejora continua en la cultura de la compañía. En el libro *Lean Thinking* de James Womack y Daniel Jones, se

identifican 5 principios interconectados de *lean*: especificar el valor, identificar el flujo de valor, hacer un flujo continuo sin interrupciones, dejar que el cliente jale el valor, perseguir la perfección.

Tabla 1.1

Principio Lean	Definición
Valor	El valor define lo que realmente le importa al cliente o usuario final. El cliente define el valor del producto, el saber lo que el cliente valora define las actividades diarias requeridas por la compañía. Determinar el valor es crítico para empezar el pensamiento <i>lean</i> .
Flujo de valor	El flujo de valor representa todo el valor añadido así como las actividades que no agregan valor requeridas para que el producto o servicio fluyan desde la idea, desarrollo, transformación y entrega al cliente. El flujo continuo perfecto aseguraría que toda actividad agregue valor al producto. Pensamiento <i>lean</i> mapea los flujos de valor para facilitar la eliminación de desperdicios y lograr el flujo continuo.
Flujo continuo	Flujo continuo elimina las actividades que no agregan valor en el flujo de valor, para que los productos fluyan continuamente. Flujo continuo se logra sabiendo las necesidades del cliente y el ritmo (takt) en que debe fluir para alcanzar la demanda con el menor tiempo de espera o retraso. Sistemas <i>Just-in-time</i> o jalar facilitan el flujo.
Jalar	Jalar es un sistema de reposición de materiales iniciado por el consumo o por órdenes de clientes, donde el proveedor solo produce cuando el cliente le señala la necesidad. Jalar permite al flujo de valor producir y entregar las cantidades exactas en el tiempo exacto con inventario mínimo.
Perfección	Perfección es el ideal de eliminar todo el desperdicio en el flujo de valor para lograr flujo continuo. Aplicando los otros cuatro principios permite moverse hacia la perfección a través de mejora continua (kaizen).

La mejor manera de entender *lean* es ver a Toyota y Taiichi Ohno: “La base del *Toyota Production System* es la absoluta eliminación del desperdicio. Los dos pilares necesarios para

soportar el sistema son *just-in-time* y *autonomination*, o automatización con un toque humano.” La esencia de *lean es*: la búsqueda exhaustiva de la eliminación de desperdicios, mejora continua (kaizen), producir al ritmo de la demanda del cliente, cuando el cliente lo quiere (JIT), asegurar calidad al encontrar defectos y parar la producción hasta que las causas sean encontradas y corregidas (jidoka).

La fortaleza del TPS es que no sólo incluye conceptos y filosofía, sino que también una variedad de herramientas y prácticas que se utilizan en las industrias de procesos:

Tabla 1.2

Herramienta lean	Definición
Value Stream Mapping (VSM)	Es un método visual para mapear los procesos de flujo de valor físico de material y como crea valor para el cliente. Los procesos son mostrados, con información relacionada al flujo, calidad, <i>lead time</i> y capacidad, se incluye el diagrama con los flujos de información, también una línea de tiempo para ilustrar <i>lead time</i> . Es una herramienta clave para visualizar el desperdicio y como se podría reducir o eliminar.
Takt Time	Takt es el intervalo de tiempo en cada parte o ensamble debe ser producido para cumplir las demandas del cliente. Takt crea el ritmo, bajo el cual material debe fluir.
Kaizen	Es el término japonés para mejora continua. Es un proceso en que todos los empleados se involucran en proyectos de mejora. Kaizen el da el poder al empleado de eliminar desperdicio con diseño e implementación de nuevos procesos. Son cortos, muy enfocados, y dedicados en hacer una mejora específica y definida.
5'S	Es el nombre dado a un proceso de cinco pasos para organizar el área de trabajo, limpiar y estandarizar procesos. La traducción al inglés de ellos son: <i>sort, set, shine, standardize</i> y <i>sustain</i> .
Jidoka	Es la automatización con un toque humano. Jidoka es un proceso de cultura tanto como tecnología, en donde todo se debe parar a la primera señal de problemas de calidad, para limitar el desperdicio, esto llevará a

	una línea que no tenga que parar casi nunca. Tiene como soporte <i>andons</i> , sistemas visuales, luces que indican el estado de la línea.
Single Minute Exchange of Dies (SMED)	Es un proceso para analizar todas las tareas a ejecutar en el cambio de producto, para que el tiempo de cambio se pueda reducir. Desarrollado por Shigeo Shingo, es una técnica exitosamente utilizada en las industrias de procesos.
Poka-Yoke	Es un conjunto de técnicas para evitar errores, previene productos defectuosos y previene un mal uso del equipo. Incluye diseñar elementos que solo tengan una manera de producirse, sensores y códigos de color para reducir la probabilidad de un error.
Five Whys	Es un práctica dada a preguntarse el por qué cinco veces, para realmente entender la causa del problema, a veces se requiere preguntarse más de cinco veces, lo necesario para entender lo que se debe de cambiar para solucionar el problema.
Standard Work	Es la definición de tareas específicas por un operador, en la industria de procesos se manejan como <i>standard operating procedures</i> (SOP's). Existe una manera óptima para hacer cada tarea, y si todos la hacen de la misma manera, será un proceso óptimo y la variabilidad será eliminada del proceso.
Total Productive Maintenance (TPM)	Un serie de prácticas enfocadas a mejorar el rendimiento de manufactura con la manera en que se opera y mantiene el equipo. Busca como meta un mantenimiento autónomo, donde la mayoría de las tareas de mantenimiento son hechas por el más cercano al equipo, los operadores.
Cellular Manufacturing	Es la práctica de dividir la línea de un producto en familias de productos con requerimientos similares en los procesos, y dedicar piezas específicas de equipo para cada familia. Esto resulta en tiempos de cambios pequeños, mejor calidad, menor variabilidad, más producción y mejor flujo.
Heijunka	Es la práctica de nivelar el volumen de material en el tiempo, para que la producción este a nivel de takt. Incrementa estabilidad operacional, reduce la variabilidad en utilización de recursos. Incluyen cajas de heijunka y <i>heijunka boards</i> .

Just-In-Time (Pull)	Refiere a la serie de principios, herramientas y técnicas que permiten a una compañía hacer lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad exacta que se necesita. JIT evita sobreproducción, reduce inventarios al mínimo para un flujo continuo. También es llamado jalar, basado en el principio de que se produce sólo lo que el cliente sacó del estante de inventario, una práctica de los supermercados.
Kanban	Describe el mecanismo para señalar visualmente qué se necesita, lo que debe ser producido para surtir los materiales jalados por el cliente. La palabra <i>kanban</i> viene del japonés por señal visible. Se indica la cantidad a producir y el producto específico.

Cap. 2. Características Distintivas de Manufactura en Industria de Procesos

Los procesos de manufactura se pueden categorizar en dos grandes grupos: manufactura de ensamble y manufactura de procesos. La manufactura de ensamble consiste en la manufactura de partes individuales y componentes que operadores o máquinas ensamblan en un producto final. Ejemplos incluyen automóviles, motocicletas, computadoras. La industria de procesos se caracteriza por incluir procesos como reacciones químicas, mezclado, extrusión. Compañías de procesos venden producto terminado en rollos, hojas, tubos, en contenedores con líquidos; ejemplos incluyen, pinturas, alimentos procesados, fibras, vidrio, usualmente se venden como productos al consumidor pero más típicamente como ingredientes o componente para otros procesos de manufactura.

Las diferencias entre ambas actividades son suficientemente grandes que la aplicación de lean debe ser diferente también. Incluso Taiichi Ohno reconoció que las industrias de procesos presentaban desafíos únicos, él afirma, “Para ser honestos, incluso en Toyota, es muy difícil hacer que la prensa, la resina, maquinado, en un sistema de producción total con flujo tan continuo como los flujos en ensamble o maquinado.” Menciona Ohno que los procesos en Toyota que son similar a los de las industria de procesos son difíciles de hacer *lean*, pero no dice imposible. A continuación se cubrirán características únicas de la industria de procesos:

Los procesos de manufactura son tradicionalmente descritos en términos de un volumen y variedad, con alto volumen, baja variedad como una opción y bajo volumen, alta variedad, como el otro arreglo. Una refinería produce gran volumen pero la misma gasolina con poca variedad. Industrias también maneja variabilidad, ya que al ofrecer muchas opciones de productos la demanda puede ser impredecible. Otra diferencia importante es que los procesos pueden ser enfocados al capital y activos mientras que en ensamble se enfoca en la productividad del empleado, se necesitan expandir las herramientas de *lean* para monitorear los SKUs durante los procesos y la efectividad del equipo.

En las plantas de procesos es el equipo el que define la capacidad de producción no el empleado. En muchos ensambles se pueden eliminar cuellos de botella al añadir más empleados para producir más, esto no aplica en líneas de procesos. El enfoque se tiene que hacer en el equipo. El equipo en la industria de procesos es grande y tiene conexiones complejas que dificultan el mover el equipo para mejorar el flujo, algunos autores concluyen que *celular manufacturing* tiene poca aplicación en la industria. Pero es lo contrario, es una de las herramientas más poderosas que se pueden aplicar.

Las máquinas en ensamble usualmente son fáciles de iniciar y parar, ese no es el caso para el equipo en procesos, es costoso y consume tiempo el comenzar y parar, esto hace que sobreproducción sea común, inventarios grandes y hacer la implementación de un sistema jalar sería difícil. Así como el tiempo de cambio para diferentes productos, el cual es complicado ya que se debe limpiar y hacer pruebas para ciertos químicos para reiniciar el proceso, técnicas como SMED pueden ayudar con un enfoque diferente.

El resultado de flujo no continuo en la industria de procesos genera una gran cantidad de WIP, pero también genera grandes cantidades de producto terminado, el producto termina por ser empujado por los procesos hasta el almacén de producto terminado. El WIP está oculto en grandes almacenes y es difícil observar el flujo del material por los procesos, por lo que la herramienta de VSM no es tan efectiva porque no hay una visión física del flujo. En general, las aplicaciones de *lean* para la industria de procesos es diferente a la manufactura de ensamble, las herramientas son similares pero hay que identificar las diferencias para definir el valor, quitar desperdicio, el resto del libro se enfoca en eso, en cómo aplicar *lean thinking* en la industria de procesos.

Cap. 3. Los Siete (o Ocho, o Nueve) Desperdicios en la Industria de Procesos

Para identificar desperdicio, primero tienes que identificar el valor, porque desperdicio es cualquier acción que consume recursos sin crear valor. El primer principio de *lean* menciona que el valor es definido por el cliente, entonces al cuestionarse ¿qué es lo que el cliente quiere de este proceso o flujo de valor?, se empieza el proceso de identificación y eliminación de desperdicio. La experiencia de Ohno lo llevó a identificar siete categorías de desperdicio: sobreproducción, espera, transportación, procesamiento, inventario, movimiento, partes defectuosas. Ésta categorización de desperdicios ha perdurado en el tiempo, con el agregado de un octavo desperdicio, el potencial humano desperdiciado. Algunos autores consideran el desperdicio de tiempo como el noveno desperdicio. Una distinción es necesaria entre el desperdicio necesario y el no necesario, el desperdicio necesario es requerido para garantizar un flujo continuo dado el rendimiento de los procesos, la mayoría de la transportación en la planta es necesaria para completar los procesos de manufactura, el inventario es necesario para proteger el flujo de cambios en *lead time*, fallas en los equipos, pérdidas y cambios en la demanda, esto no nos indica que hay que ignorarlos sino que será difícil eliminarlos. La reducción de desperdicio necesario se debe hacer examinando las causas raíz. El desperdicio innecesario no ayuda a asegurar el flujo, usualmente se mantiene por hábito o tradición, esto es cuando se mejora el proceso se deben de revisar los desperdicios, se requiere compromiso para la eliminación más que mejorar el proceso. Se presentan en la siguiente tabla los desperdicios y las causas en las diferentes áreas de manufactura:

Tabla 3.1-Causas del desperdicio

Categoría desperdicio	Manufactura ensamble	Manufactura de procesos
Sobreproducción	Medidas de producción incorrectas, corridas largas por tiempos de preparación largos, programar en base a pronósticos (push).	Mentalidad de lotes grandes, economías de escala, grandes corridas por tiempos de cambio costosos, producción de tipos no necesitados.

Espera	Mal balance de trabajo, partes que llegan tarde, escasez de partes.	Necesidad de respuesta rápida a cambios a problemas del proceso, producción por lotes.
Transportación	Mal <i>layout</i> de planta	Equipos separados en planta, grandes almacenajes de WIP a distancia.
Procesamiento	Especificaciones o tolerancias innecesarias, requerimientos sobre especificados.	Las actividades relacionadas a material defectuoso, inspección de material, disposición de material defectuoso.
Inventario	Sobreproducción, inventario de seguridad, flujo no sincronizado de partes.	Sobreproducción, tamaños de lote diferentes, diferencias en la productividad del equipo, corridas largas, inventario de seguridad sobre problemas y variabilidad.
Movimiento	Mal <i>layout</i> de los procesos, diseño ineficiente de estaciones de trabajo, búsqueda de herramienta.	Equipo de proceso grande y distribuido en áreas grandes, controles centrales a distancia.
Defectos	Herramientas gastadas, <i>setups</i> inapropiados, especificaciones incompletas, falta de estándares.	Inconsistencia de materia prima, procesos muy sensibles, parámetros difíciles de controlar, apurar el desarrollo del producto.
Potencial Humano	Cultura de no involucramiento, estereotipos de capacidad de los empleados, empleados escépticos.	Cultura de no involucramiento, estereotipos de capacidad de los empleados, empleados escépticos.

Cap. 4. Mapeo de Flujo Valor en la Industria de Procesos

El mapeo de flujo valor está basado en los diagramas de materiales e información de Toyota, y provee un marco efectivo para representar los procesos de tal manera de resalten los desperdicios y los efectos negativos que éstos tienen en el rendimiento del proceso y el flujo. Un VSM consiste de tres componentes principales: flujo de material, flujo de información, línea de tiempo. Los beneficios que el VSM son muchos, da un sentido de flujo, inventario y cuellos de

botella; porque éstos son difíciles de encontrar o ver en una planta típica de procesos, tiene más valor todavía porque ayuda a visualizar de inicio a final, lo cual sería difícil incluso caminando la línea en un planta de procesos. También, provee un entendimiento de cómo se crea el valor para el cliente y le da a todo el equipo una visión común, compartida del proceso entero, a veces la gente entiende el área en que labora pero no detalles de los procesos siguientes o previos. Da pistas a las posibles causas de los desperdicios, es una imagen de donde se va a partir para construir el mapeo de valor futuro. El VSM debe ser incluir más información de los equipos en la industria de procesos ya que el equipo es muy caro y determina la producción. Por la naturaleza de los procesos que maneja la industria, existe mucha divergencia en el producto, con diferenciación en cada paso, es importante identificar los productos o SKUs que se manejan en cada proceso. Las decisiones tomadas en el VSM deben tener justificación en los procesos y los tiempos que se manejan.

Cap. 5. Leyendo y Analizando el Mapa de Valor Flujo en el Estado Actual

El mapa de flujo de valor se utiliza para obtener información sobre el estado actual de la empresa y poder realizar un análisis para generar un mapa de estado futuro y poder eliminar desperdicios, así como problemáticas que existen actualmente. El autor del libro menciona que tiene que cumplir principalmente con tres funciones:

- Entendimiento claro de la situación actual del proceso.
- Señalamiento de las áreas de oportunidad donde se pueden realizar mejoras.
- Dar una base para documentar el estado ideal, el cual sería el estado futuro.

Si el mapeo no cumple con una de estas tres funciones no vale la pena el tiempo y todos los gastos que se hicieron para construirlo, por eso es de suma importancia verificar que cumpla con toda la información que pueda proporcionar.

Cuando se realiza un correcto análisis del mapeo de flujo de valor actual se encuentran muchas oportunidades para reducir desperdicios, así como áreas de oportunidad en la logística de la compañía. Lo que el autor recomienda es que tengas diferentes puntos de vista, ya que con esto se generará mucha más información de los problemas presentados, así como lo son sus

causas. El primer punto de vista mencionado es el del cliente para determinar cómo son los servicios proporcionados y los defectos que encuentran los clientes en el producto. Después sigue ver los desperdicios que de acuerdo a la filosofía de lean es todo lo que no genera valor. Los siete desperdicios son: inventario, espera, transporte, sobre procesamiento, sobreproducción, defectos y movimientos. El siguiente paso es buscar las actividades que no generan valor y tratar de eliminarlas. Después, se debe de analizar el flujo de los productos así como las actividades que generan cuellos de botella y analizar, si con el porcentaje de utilización de las diferentes actividades se puede cumplir el “takt time.” Finalmente se analiza las variabilidades de los proveedores y de la producción así como otras posibles áreas de oportunidad presentes como lo son la aplicación de 5S, SMED, entre otras.

Para la construcción y análisis de un mapa de flujo de valor actual, se empieza por el proveedor, después a las actividades y por último se analiza al cliente y su razón de demanda. Se checan inventarios, procesos cuellos de botella, así como actividades donde se pueden realizar celdas de trabajo. Al momento de realizar el mapeo con su respectivo análisis, surgen no solo mejoras, sino se le da solución a preguntas que podrían surgir de porque la empresa tiene esta política sobre algún tema en específico, como lo puede ser un nivel de inventario alto. Generalmente, lo que busca hacer un mapa es proporcionar la información necesaria para cambiar de un sistema *push*, a uno *pull* sin desperdicios. Para conocer la razón de porque la situación actual está de esa manera, el autor recomienda usar la herramienta de los 5 por qué, la cual consiste en preguntar 5 veces el por qué de los problemas para dar con la causa raíz. En seguida se hace un diagrama de proceso para ver las actividades y ver si hay problemas con el flujo. Después, se recomienda hacer un diagrama Ishikawa, también conocido como diagrama de pescado para obtener causas y efecto. Finalmente se hace un diagrama “cross-functional” para ver las áreas involucradas y así manejar ya responsables de porque se hacen las actividades así.

El paso final del análisis es realizar un mapeo de flujo de valor de estado futuro, que representa la manera ideal que se debe seguir para que los desperdicios se minimicen y las actividades que generen valor aumenten. Los pasos son los siguientes.

1. Crear el estado ideal.
2. Establecer las mejoras que se necesitan hacer para llegar al estado ideal.

3. Crear un mapa de flujo de valor de segunda generación de acuerdo a la correcta implementación de las mejoras.
4. Repetir hasta que se alcance el estado futuro.

Las mejoras que se realicen también se recomienda que sean en un orden, el cual es:

1. TPM, incrementa la confianza del equipo.
2. SMED, mejora los tiempos.
3. Administración visual en “piso”
4. Encontrar y tratar de eliminar las actividades que son cuellos de botella
5. Implementar celdas de trabajo donde se pueda.
6. Nivelar producción
7. Considerar MTO y FTO antes que MTS.
8. Implementar sistemas y actividades pull.

Cap. 6. Total Productive Maintenance

Total Productive Maintenance (TPM), es una filosofía o practicas dedicadas a mejorar el “performance” mediante la mejora en la manera en que se les da mantenimiento a los equipos y maquinaria. Tiene sus orígenes entre 1960 y 1970 en el país de Japón. Dicha filosofía involucra a todas las partes y niveles de la organización que busca su implementación. Su principal objetivo es generar un mantenimiento autónomo hecho por las personas que están más cerca del equipo, es decir los operarios. Por el hecho de estar mucho más cerca de nadie ellos pueden generar ideas de mejora, así como modificaciones que reduzcan gastos y traigan consigo una mejora continua. Esto quiere decir que la meta final de TPM es maximizar el *overall equipment effectiveness* (OEE), o la efectividad de todos los equipos utilizados. Por otra parte, los mantenimientos, que son de suma importancia para la filosofía son los siguientes:

- Mantenimiento preventivo, basado en el tiempo.
- Mantenimiento predictivo, arreglar lo que se predice que fallará antes de que suceda
- Reparación, reparar el equipo ya que se detuvo por fallo
- Mantenimiento correctivo, modificaciones al equipo para que falle menos.
- Mantenimiento de prevención, hacer equipos que fallen poco y sean fáciles de reparar.

- Mantenimiento autónomo, mantenimiento realizado por el equipo de trabajo.

Es de suma importancia hacer notar que se necesita un cambio de cultura, porque generalmente las plantas no se hacen esta actividad, así como tiene que ser factible económicamente. Por otra parte, se tiene que buscar generar una sinergia con la filosofía de lean, ya que también el TPM busca eliminar desperdicios. El trabajo en equipo es de suma importancia, tal como en lean, así como la administración visual y un buen liderazgo de la gerencia para su correcta implementación. Se han creado programas para darle importancia a este tipo de mantenimiento como lo es el “uptime excellence” y el “maintenance excellence.”

Para una empresa de servicios es todavía mucho más importante tener este tipo de mantenimiento, ya que una falla en el equipo hace que no se pueda prestar el servicio y por lo tanto afecta directamente a las ganancias. Para las empresas de servicio, entre más ocupado estén los equipos, más la necesidad de implementar TPM. Finalmente, la aplicación de TPM, trae consigo muchos beneficios como la mejora de la confianza y tiempo de utilización sin la necesidad de incrementar presupuesto. También reduce los costos de mantenimiento debido a la no necesidad de mecánicos y de mucho menos consumo de refacciones.

Para medir los efectos y mejoras de la aplicación del TPM se tienen dos herramientas muy comunes, las cuales son OEE y el *Uptime*. La herramienta de OEE es una multiplicación de tres factos:

- Disponibilidad – incluye todos los tiempos de los diferentes tiempos de mantenimiento así como los tiempos de setup. Y se calcula en tipo actual de operación/tiempo planeado de operación.
- Performance – incluye lo perdido por la productividad por la falla en los equipos. Se calcula el input y output actuales/ input y output pronosticados.
- Calidad – Incluye los perdido debido a productos defectuosos. Se calcula de cantidad de material de primer grado/cantidad producida total.

En la herramienta de *Uptime* es muy parecida al OEE ya toma en cuenta lo mismo solo que se calcula de manera diferente. La fórmula del *Uptime* es la siguiente:

$$Uptime = \text{Tiempo de operación} / (\text{tiempo de operación valorado} + \text{pérdidas})$$

Con la aplicación de TPM es los operarios hacen el mantenimiento es de suma mucho mayor facilidad obtener mejoras y que el equipo falle cada vez menos y se alcanza un nivel de confianza y de utilización de los equipos de un 100% o algo cercano a ello.

Cap. 7. Reducción de “Setup” y SMED

Para cualquier proceso de manufactura, generalmente se tienen una variedad de productos que se realizan y por lo tanto las materias primas son diferentes. Muchas veces es necesario hacer un cambio que toma tiempo por lo que existen tendencias a hacer corridas de producción largas debido a que se tarda mucho tiempo el setup. Por otra parte, se generan mucho nivel de inventario tanto de inventarios de proceso como de producto terminado. Por todo esto es de suma importancia que los cambios de setup para diferentes productos tomen poco tiempo para evitar la generación de inventarios. SMED es una herramienta que diseñó Shigeo Shingo, ingeniero de la Toyota, que se dedica a bajar los tiempos de setup para que las corridas de producción sean más cortas y los tiempos de entrega sean menores y así evitar la generación de inventarios tan altos, debido a las corridas largas de producción.

Los conceptos de SMED son 4:

- Mover tareas externas fuera del tiempo de cambio de setup – definir actividades que se pueden hacer antes y después de que se apague la máquina para realizar el cambio.
- Determinar si las actividades realizadas en el cambio de setup pueden modificarse – verificar si hay actividades que se pueden modificar para que sean más cortas y se realicen de acuerdo a una secuencia ya establecida.
- Simplificar las tareas incluidas – hacer las actividades mucho más simples.
- Hacer tareas incluidas en paralelo – haciendo las actividades al mismo tiempo para minimizar el tiempo, es decir no esperar a que termine una para empezar la otra.

También se recomienda hacer un mapeo de las actividades así como un análisis realizado de video para obtener información y ver que posibles cambios se pueden hacer. No es necesario tomar siempre la que más tiempo necesite, sino la que más importante y mejores consecuencias tendrán.

En las industrias de procesos también es de suma importancia el SMED, pero generalmente dicho tiempo que toma es por la necesidad de limpiar para evitar la contaminación de los equipos utilizados y posibles fallas. Por ejemplo en una empresa que se dedica al procesamiento de comida, es de suma importancia realizar una limpieza antes de cambiar el tipo de comida que se va a procesar. Otro ejemplo práctico es en las industrias que prestan un servicio químico, en que llegue a la temperatura adecuado, al ph adecuado, entre otras cosas. Todas estas empresas de servicios deben de aplicar a la perfección el SMED para prestar un servicio de mayor calidad, reduciendo costos y el tiempo de preparación.

Las situaciones que se pueden dar y se tienen que tomar en cuenta son las siguientes:

- Si las actividades de cambio son todas manuales
- Si las actividades de cambio tienen que ver con algo relacionado con la física y la química.
- Una combinación de las dos previamente mencionadas.

Generalmente, la aplicación de SMED es para todas las actividades, pero siempre hay excepciones donde no se puede hacer nada al respecto. Es importante tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Acortar la respuesta de los análisis que son necesarios.
- Instrumentación necesaria
- Aplicar procesos de control mejorados
- Reducir variación mejorando los métodos para llegar a las condiciones necesarias.

Cap. 8. Administración Visual

La filosofía de lean exige que exista una administración visual en los lugares donde se realizan las actividades que generan valor. Dicha administración visual debe de contener las posibles dificultades que se pueden presentar, las correcciones que se deben de hacer en caso de que algún problema se presenta, requerimientos y status de cómo va los proceso así como indicadores de desempeño.

La administración visual tiene seis elementos críticos, los cuales son:

1. Área de trabajo limpia, visual y bien organizada.
2. Imágenes y mensajes básicos, que presenten lo que se hace en esa área.
3. Agenda de trabajo visual, donde digo que, cuanto y como se van a hacer los productos.
4. Métricas básicas que pueden llegar a ser útiles.
5. Administración de la operación, así como los pasos a hacer.
6. Información de posibles contactos que pueden ayudar a los operadores.

Si el área de trabajo es limpia y organizada, los operadores tienen una mejor respuesta a hacer los trabajos de mejor manera, así como posibles soluciones se le presentan de manera visual, la cual debe de ser fácil de entender. 3 ventajas que menciona el autor que presenta una administración visual son:

- Problemas pueden ser observados y atacados de manera rápida.
- Empleados están enterados de su status con respecto a la agenda de trabajo que se tiene.
- Se tiene un sentido de orden en la producción, haciendo que los operadores sientan más confianza.

La aplicación de 5S es sumamente recomendada para tener toda la información de manera clara y limpia y que no estorbe en el área de trabajo. Las 5S son 5 palabras japonesas seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke. A continuación se explicarán cada una.

- Seiri – la idea es ser muy visual aquí, que los materiales que no son necesarios no estén presentes en el área de trabajo.
- Seiton – acomodar todo de acuerdo a no estorbe, sino al contrario que fomente el flujo de la producción.
- Seiso – que el área de trabajo esté muy limpia.
- Seiketsu – desarrollar procedimientos para que todo se mantenga limpio y en su lugar.
- Shitsuke – hacerlo una disciplina para que no se vuelva a desordenar.

La administración visual es de suma importancia para la filosofía lean, ya que permite que el flujo se dé y no se detenga por no saber qué hacer. Se recomienda usar símbolos y códigos para que los mensajes no sean tan largos y que den mucha información. Por otra parte también es importante una agenda visual de producción, para ver la meta del día, así como la secuencia de productos se tienen que realizar. Lo visual es de gran ayuda para los operadores, por lo que la presencia de KANBANS entre otras herramientas son muy útiles y después se hablará de cómo ayudan a la producción y porque lean le da mucha importancia a todo lo visual.

Cap. 9. Eventos Kaizen

Kaizen es una palabra que puede ser definida de diferentes maneras, mejora continua, una filosofía que busca la perfección y se ayuda con TPS diariamente y una actitud en la fuerza de trabajo para identificar y participar en mejoras en su proceso de trabajo.

Kaizen es una actividad que se debería de practicar a diario, pero para que esto se vuelva una costumbre, lo que se usa son los llamados eventos kaizen. Estos consisten en un actividad en equipo en donde se explican de manera rápida los métodos de lean para eliminar desperdicios en áreas específicas dentro de la producción. Estos eventos pretenden mejorar el lugar en donde se hacen desperdicios a la vez que enseñar herramientas y ayudar a construir experiencia con respecto a la aplicación de las mismas en la vida diaria.

Algunos beneficios que brindan los eventos kaizen son:

- Las cosas se hacen, las mejoras se logran y los desperdicios se eliminan
- Los resultados se ven rápidamente
- Los participantes aprenden herramientas de lean y adquieren experiencia en su aplicación
- Los creadores son responsables de la solución
- Brinda energía al esfuerzo completo de lean.
- La moral del empleado se aumenta y se mejora su motivación

Algo que suelen relacionar con los eventos kaizen son los círculos de calidad. Estos tienen muchas similitudes pero a la vez muchas diferencias. Entre las primeras se incluyen la rápida implementación de ideas, entrenamiento de personal y siendo una filosofía en donde las mejoras son hechas por las personas que realmente efectúan el trabajo, en las segundas se establece que

los círculos duran más tiempo, están menos estructurados, la participación es típicamente voluntaria y tienen mucho menos planeación que los eventos kaizen.

Los eventos kaizen no pueden efectuarse sin razón alguna o solamente por cumplir con un requisito o política de la empresa. Para lograr efectuar uno de estos eventos se llevan a cabo 3 partes importantes:

1. Planeación

Esta parte del proceso empieza semanas antes del evento y es la parte más importante, de la cual depende el éxito o no del evento. Este paso requiere definir el alcance, el objetivo, decidir quiénes participaran, decidir quién será el líder, diseñar la duración y la agenda, fijar la fecha, arreglar que las personas involucradas estén disponibles, conseguir facilidades como espacios o herramientas.

2. El evento por sí mismo

Para el evento en sí primero se tiene que introducir y explicar a la gente lo que pasa, después se busca que todos concuerden con lo que se quiere lograr y la forma en que se mide, entrenar un poco acerca del proceso del evento kaizen y algunas herramientas lean. También se estudia el problema y todos los mapas disponibles, se propone una solución que se implementa, se encuentra un ritmo, se documenta la solución, se define el plan de control y se celebra el éxito.

3. El seguimiento

Esta parte es tan importante como el evento ya que sin el seguimiento, los esfuerzos del evento se vuelven nulos, para lograrlo se tiene que informar a todas las personas, ver los resultados y monitorearlos a la vez que buscar oportunidades en otros lugares donde se pueden aplicar los mismos métodos.

Algunos métodos que se implementan en los eventos kaizen son: 5S, SMED, visual management, TPM piloto, trabajo estandarizado, rendimiento, identificación de cuellos de botella, diseño de ruedas de producto, diseño del sistema jalar e implementación del mismo, entre otros que se necesiten. Es común que los eventos kaizen sean exitosos, pero algunas de las

causas mayores de su fracaso son: planeación escasa, mala definición de objetivos, poca información antes del evento y participantes distraídos.

En la industria de procesos en general se necesita mucho más información y la participación de expertos como mecánicos, técnicos de laboratorio, químicos de desarrollos de productos entre otros dependiendo de los procesos en cuestión. Los eventos kaizen pueden llevarse a cabo como proyectos seis-sigma, estos eventos han demostrado ser más exitosos, la clave está en seguir la metodología de seis-sigma sin dejarse llevar por ella cuidando de utilizar kaizen. Muchas personas que se encuentren familiarizadas con seis-sigma podrán entender los procesos kaizen más fácilmente.

Cap. 10. Encontrando, Administrando y Mejorando Cuellos de Botella

Un cuello de botella (bottleneck) es cualquier recurso cuya capacidad es menor o igual al proceso siguiente, cualquier maquina o paso del proceso donde el ritmo takt es igual o mayor que la capacidad. En la industria de procesos los cuellos de botella suelen darse por el tiempo requerido para un proceso y es difícil resolver este tipo de problemas debido a que contrariamente a lo que se haría normalmente, trabajar horas extras, estas plantas trabajan 24/7. Para poder controlar los cuellos de botella es necesario optimizar el proceso por sí mismo.

Es muy común que en estos procesos, algunos pasos que no son cuellos de botella se conviertan momentáneamente en ellos. Y las causas son las mismas que los cuellos de botella como; perdidas de rendimientos, variabilidad, capacidad del equipo, movimientos de la mezcla de productos, entre otros.

Para los procesos, los cuellos de botella son difíciles de manejar también porque para un material se da en un proceso específico mientras que para otro material se da en otro lugar totalmente diferente y además, estos cuellos de botella se pueden ir moviendo dentro de un proceso y es muy importante detectar estos movimientos para poder controlarlos. Una vez que un cuello de botella es identificado, probablemente salgan a la luz otros cuellos de botella, para ayudar a visualizar el movimiento de estos cuellos de botella a la vez que los inventarios requeridos, es de ayuda usar simulaciones computarizadas.

Las causas de los cuellos de botella se pueden visualizar en las cajas de información del proceso donde las causas son:

- Limitaciones de la capacidad del equipo
- Largos tiempos de preparación/cambios
- Poca confiabilidad en la mecánica de los equipos
- Pérdidas de Rendimiento
- Calendario inapropiado de actividades

Una vez que se identificó en donde se encuentra el cuello de botella y se sabe su causa se empiezan a hacer propuestas para mejorar esto bajo una serie de pasos:

1. Identificar cuellos de botella
2. Asegurarse que los cuellos de botella estén trabajando al máximo de la capacidad.
Usando SMED y asegurándose que los calendarios estén sincronizados y coordinados.
3. Subordinar todo lo demás a los cuellos de botella
Haciendo que los procesos antes y después trabajen de forma que el cuello de botella se maximice.
4. Tratar de aumentar la capacidad del cuello de botella
Mejorando rendimientos, haciendo uso de opiniones de expertos, TPM si se debe a la confiabilidad del equipo.
5. Ya que no existe cuello de botella, identificar el siguiente y aplicar los mismos pasos.

Poder manejar los cuellos de botella es una manera de hacer que los costos sean menores y eficientes en el proceso en general.

Cap. 11. Manufactura en Celdas en la Industria de Procesos

Lo que se encontraba antes en las plantas era una distribución en donde todas las actividades del mismo tipo se efectuaban en un solo lugar, causando así demasiado movimiento entre un proceso a otro y retrasando todo el proceso. Para contrarrestar estos efectos se crean lo que se llaman Celdas de Manufactura en plantas las de ensamblaje en donde cada celda contiene las maquinas necesarias para llevar a cabo un proceso de una familia de partes para así poder tener menos operarios y mejorar la productividad.

Hay dos pasos clave para diseñar las celdas:

- Agrupar todas las partes por familias.
- Crear la celda con las maquinas necesarias para una familia.

En la aplicación de las celdas de trabajo en la industria de manufactura de procesos no se ha encontrado un gran uso ya que el equipo en esta industria generalmente es grande y difícil de mover. En la industria del proceso lo que se hace es que con los equipos que se tienen se diseña una ruta óptima en donde se siga el mayor flujo continuo posible sin dividir lo que salió de un tanque en todos los tanques posteriores, como normalmente se hace, si no intentando que siempre salga de uno y llegue a otro para así reducir necesidades de limpieza y preparación de equipo. Esta división por equipos también se hace debido a la limitación de tamaño que se tiene en un equipo y no se puede producir todo el producto en solo un tanque.

Acomodando las rutas del proceso es como se puede usar el concepto de manufactura de celda aunque no se muevan las maquinas ya que se debe de pensar en función del flujo y no tanto en función del papel que cumple.

Los pasos para diseñar las celdas son muy similares a los mencionados arriba:

- Agrupar todas las partes por familias.
- Identificar el quipo requerido por cada familia
- Crear celdas virtuales estableciendo una ruta específica para cada familia, en lugar de cambiar equipo de lugar.

Para el diseño de estas celdas virtuales existe una serie de pasos:

1. Actualizar el VSM
2. Proponer celdas virtuales preliminares:
El objetivo es tener una ruta en cada celda
3. Determinar los grupos de productos iniciales
Haciendo todo el proceso de tomar tiempos, obtener takt, realizar matrices y agrupar.
4. Asignar cada grupo de producto a una celda virtual:

Considerar takt y los procesos similares, iterar hasta que resulte óptimo.

5. Definir productos cambiantes

Son los productos que pueden hacerse por conveniencia en celdas diferentes a sus celdas primarias pero tratar de reducir al mínimo este tipo de productos.

6. Revisar el diseño con todos los involucrados

Un evento kaizen es una forma de llevar esto a cabo.

7. Documentar el plan y las reglas de operación

8. Identificar cada celda visualmente

9. Modificar procesos en el calendario

10. Desarrollar flujo administración de procesos

Se necesita disciplina para mantener el flujo en células virtuales, sobre todo cuando se trata de la industria de procesos, ya que los equipos no se movieron. Es bueno efectuar planes de contingencia para no desbalancear el flujo cuando algo se atrasa o se descompone.

Cap. 12. Planeación, Secuencia y Nivelación de la Producción

En la manufactura de procesos, es común que la demanda sea muy variable, estas variaciones son las que tienden a producir los desperdicios. Para nivelar estas fluctuaciones el takt time es calculado con la demanda promedio, la cual debe ser recalculada frecuentemente para asegurar que las variaciones se están considerando.

Para nivelar el volumen de producción se pueden recolectar las diferentes órdenes de productos dentro de un tiempo adecuado y siguiendo un itinerario para así lograr un ritmo donde se combine la producción de un producto con otro y sea más eficiente la operación. Esto se hace usando una caja de heijunka.

Dentro de la industria de manufactura de procesos es complicado aplicar heijunka y takt time, en general esto se debe a tres razones principales: La variación en la demanda, la ineficiencia del modelo de producción mixta debido a los altos tiempos y costos de preparación y la falta de tiempo disponible ya que muchas de este tipo de plantas trabajan las 24 horas, 7 días a la semana.

Se ha encontrado como solución a estos problemas lo llamado “Product wheel concept”, que es una metáfora visual de una estructurada y repetida secuencia de la producción de los

materiales que serán hechos en un mismo equipo, ya sea un reactor o cualquier sistema de proceso. Esta rueda (Wheel) puede ser considerada como una caja heijunka en donde la meta es que la rueda se efectúe en el menor tiempo posible siempre y cuando sea también lo menos costoso posible. Esta rueda, entonces, se diseña basándose en lo que realmente se produce en cada parte del círculo sea exactamente lo que se consume del inventario. Además se pueden tener varias ruedas que funcionen de marcapasos debido a que los factores que provocan el itinerario óptimo de producción pueden no ser los mismos entre un proceso y otro.

Para diseñar una rueda se siguen 10 pasos:

1. Determinar en qué pasos del proceso se debe de procesar con ruedas de producto.
Cualquier proceso que tenga muchas pérdidas en cambios o en donde no haya una secuencia es buen candidato.
2. Analizar la variabilidad de la demanda
Se genera una matriz demanda vs variabilidad y se decide si los productos serán MTS o MTO (Made to stock or made to order). En donde con alta demanda y poca variabilidad es MTS y con baja demanda y mucha variabilidad es MTO.
3. Determinar la Secuencia Optima.
Esto puede ser sencillo o complicado dependiendo de los tiempos de preparación y cambios.
4. Calcular el Tiempo Óptimo de la Rueda

$$\text{Ciclos rueda por periodo} = \frac{\text{Tiempo disponible total} - \text{Tiempo de production total}}{\sum \text{Tiempo de preparacion/cambio}}$$

$$\text{Tiempo de rueda} = \frac{\text{Tiempo disponible total}}{\# \text{ de Ciclos por periodo}}$$

5. Estimar el tiempo optimo económico de la rueda (EOQ)

$$EOQ = \sqrt{\frac{(2 \times COC \times D)}{V \times r \left(1 - \frac{D}{PR}\right)}}$$

Donde:

COC= Costo de preparación / cambio

D = Demanda por el tiempo del periodo

V = Costo unitario del material

r = % costo de inventario por tiempo del periodo

PR = Ritmo de producción en unidades por tiempo del periodo.

Esta ecuación toma en cuenta los factores que típicamente son los más significativos, pero puede ignorar otros factores que normalmente tienen menos impacto, por esto se considera solo una aproximación.

6. Determinar el tiempo que durará la rueda.

Se tiene que decidir qué tiempo elegir, si el sugerido por el EOQ o por el tiempo total disponible.

7. Calcular el inventario requerido

Con MTO no se necesita inventario, solo para MTS de acuerdo con el tiempo que dura el tiempo de rueda. También se usan inventarios de seguridad para estar preparados para la variabilidad de la demanda.

Ciclo de Inventario

= Demanda promedio por unidad de tiempo x Frecuencia del ciclo

8. Afinar y diseñar

Normalmente se iteran 2 o 3 veces hasta llegar a la rueda correcta

9. Revisar el calendario actual

Se hace en conjunto con los planeadores del proceso y los que se encargan de efectuar el calendario

10. Crear algún tipo de control visual

Para mostrar cual es el siguiente proceso y los tiempos que se han llevado a cabo hasta ese punto.

Los Beneficios de las ruedas de producción es que, por su naturaleza, nivelan la producción, optimizan la secuencia de producción, proveen una estructurada base para determinar las necesidades de inventario, entre otras.

Cap. 13. Terminar a Pedido

El *aplazamiento* es una estrategia operacional que sirve principalmente para reducir inventarios y el trabajo en proceso, teniendo como consecuencia la reducción de desperdicios en el inventario y mantiene en muy buen nivel el servicio al cliente. De esta manera el aplazamiento en una cadena de procesos busca tener como último proceso el proceso que diferencia a los productos, el que está más cerca a la fecha de entrega.

Generalmente se tienen dos casos:

- Caso uno: se tiene cuando se quiere diseñar un equipo de proceso en donde la mayor diferenciación del producto se dé en el último proceso.
- Caso dos: se da cuando ya se tiene un proceso existente por lo que se guarda más inventario en el proceso donde ocurre la mayor diferenciación del producto.

FTO (Finish to Order) es un caso especial del aplazamiento, específicamente del caso dos. Un buen ejemplo de este concepto se da con las computadoras. Una computadora consta de muchas partes que se ensamblan por separado, por lo general casi ninguna parte cambia entre modelos. Es por esto que se usa FTO para poder ensamblarlas de una mejor manera y cumplir con la flexibilidad del cliente. La mayoría de los productos de protección como lo son los pesticidas, fertilizantes y fungicidas contienen la misma fórmula o una muy parecida y lo único que varía es su empaque por lo que se recomienda que al tener el producto hecho, retenerlo para luego empaquetarlo dependiendo del producto que se requiera.

Algunos de los beneficios de FTO son:

- Reduce la dependencia a los pronósticos.
- La producción se basa en demanda real.
- Reduce en inventario de producto terminado.
- Reduce el inventario total, flexibilidad a las necesidades del cliente
- Mejora los niveles de servicio al cliente.

A pesar que los beneficios de esta herramienta son muy notables, es importante considerar que la demanda puede variar por lo que se tiene que tener un inventario de seguridad para contrarrestar estos cambios.

Cap. 14. Sistemas de Reposición "Pull"

Los sistemas *Pull* se pueden aplicar tanto a las plantas de proceso como a las de ensamble y suelen traer los mismos beneficios. Definir *Pull* resulta ser muy complicado debido a que no se tiene una situación universal donde la producción es dada no para remplazar el material consumido sino para responder a una señal en donde el cliente o a una operación la cual requiera inmediatamente el material. Básicamente se puede interpretar diciendo que un cliente al jalar mercancías del inventario de producto terminado, se autoriza la producción para remplazar este producto.

Sin embargo en lugar de buscarle una definición es más importante el encontrar la razón es por las cuales se creó esta herramienta: La razón principal es evitar el desperdicio de la sobreproducción, sincronizar el flujo, reducir las tareas administración de materiales que tienen que ver con la planeación de producción. Es por esto que cualquier definición de *Pull* debe de incluir todos los modelos que evadan la sobreproducción al eliminar explícitamente el inventario al nivel mínimo posible necesario para asegurar un flujo continuo de productos a los clientes, sincronizado a sus necesidades y comunica esas necesidades de la mejor manera visible posible.

Es importante tener en mente que por definición *make-to-order* tiende a ser *push*, sin embargo puede ser *pull*. De la misma manera que *make-to-stock* tiende a ser *pull*, puede ser *push*. Esto es debido a la manera en que su inventario es administrado y la mejor manera de identificarlos es viendo si su producción está basada en los pronósticos o en las condiciones actuales; al ser en los pronósticos se tiene con un *push* y al no con un *pull*.

La mayoría de los casos documentados de la producción *pull* se tiene en el ensamble de procesos. La principal herramienta que se usa en el ensamble de procesos es el Kanban. Literalmente Kanban significa señal visible. Esta es una tarjeta tangible la cual contiene información de algún producto la cual se encuentra en un panel, lote o espacio en algún lote la cual una vez vacío indica su reposición. Es importante entender que: se necesita de algún inventario para mantener el flujo que indique el *takt*, al ser *pull* los inventarios se tienen que

administrar en una manera que prevenga la sobreproducción, las señales *Kanban* son una manera efectiva de gestionar el flujo y los inventarios a través de *pull* pero no la única ya que también se puede con *ConWIP*, la producción se basa en el consumo del material no por un pronóstico.

Pull cuenta con dos grandes problemas:

- Existen procesos con pasos que no pueden ser parados como los procesos de polimerización de las pinturas.
- Cuando se tienen plantas de procesos con un número muy largo de productos en las últimas líneas de producción.

Push-Pull Interface es una herramienta que sirve para resolver el primer problema de *Pull*. El concepto es encontrar un punto donde se tengan procesos que no se pueden parar, a partir de ese punto se dividirá el *pull* y el *push* teniendo como *push* los procesos anteriores de este punto y *pull* los posteriores.

ConWIP (Constant work in process) es una herramienta alternativa al *Kanban* que sirve para resolver el segundo problema de *Pull*. Esta herramienta puede controlar un proceso entero o varias partes del proceso. La idea es que no se deja entrar nada al segmento *ConWIP* sin ser controlado por este. A su vez *ConWIP* se puede aplicar en tres ambientes distintos: MTS, MTO y FTO.

Las señales visuales son de extrema importancia en cualquier sistema *Pull*. A parte del *Kanban* una de estas señales son los paneles *Takt*. Estas ya están descritos en el capítulo 8 y se ha probado que son una herramienta muy efectiva en las plantas de procesos, en muchos procesos tales que van como desde la producción de plásticos a la producción de películas de radiografía.

Existen dos ideas o vertientes al decidir cuándo empezar a implementar *pull*:

- La primera cree que el implementar *pull* es un componente esencial de cualquier empresa *lean* y que *pull* es la plataforma correcta para la mejora continua. Entonces se cree que *pull* se tiene que implementar de la manera más pronta posible.
- La otra vertiente cree que *pull* se tiene que hacer mejor después que otras mejoras del flujo han sido completadas, después que el proceso fluye suavemente con mucha disciplina y con poca variación. Por lo que esta cree que va a ser más fácil de instalar y

diseñar si el proceso ha sido simplificado y estabilizado ya que será más fácil de mantener si se tiene el mínimo de interrupciones y eventos de causas especiales.

El autor del libro recomienda tomar la segunda vertiente ya que la primera tiende a tener resultados que no se esperan, con los que las personas suelen darse por vencido. A su vez recomienda el implementar *Lean* del siguiente orden:

1. Mapeo de la cadena de valor.
2. Eventos *Kaizen*.
3. 5s, SMED, Trabajo Estandarizado.
4. Implementos del Flujo.
5. Administración del cuello de botella.
6. Diseño de la celda virtual.
7. Etiquetar producción; rueda de producto.
8. Sistemas *Pull*.

Es importante enfatizar que lo que se está empujando en este sistema es la cadena de valor no el equipo. Algunas de las estrategias tradicionales *Pull* son *Heijunka* y el sistema de dos compartimientos. *Heijunka* se basa de las tarjetas *Kanban* como ya lo hemos mencionado anteriormente y el sistema de dos compartimientos funciona como un *Kanban* ya que al estar uno vacío da permiso a que se produzca más del mismo material.

Cap. 15. Diseño de Supermercado

Este concepto fue primero concebido por Ohno en los procesos *Pull* y *Kanban* después de estudiar los supermercados americanos de los 1940s. El quedó impresionado que en un supermercado, los clientes tenían lo que querían, en la cantidad que deseaban, cuando lo querían y que solamente el producto que se llevaban era remplazado. Es por esto que lo implementó en Toyota. Los procesos entre si de cada empresa se volvieron clientes y proveedores en un supermercado y todo se basó en función de eso para crear un sistema de jalar como el que hoy se conoce.

Las reglas del supermercado son:

1. Sólo se permite producir la cantidad que fue removida del supermercado.

2. El consumo del material de ser señalado por simples maneras visuales.
3. El material que llene el supermercado no debe contener ningún desperdicio.
4. Debe de haber un proceso en curso para reducir la cantidad de material necesario en el supermercado.

Para diseñar un supermercado se deben de poder contestar tres preguntas:

1. ¿Cuándo se necesita llenar el material en el supermercado?
2. ¿Cuánto material se llenara?
3. ¿Cómo será comunicada la necesidad del llenado con el paso de producción?

Las preguntas 1 y 2 tienen que ver con la administración de inventarios. La administración de inventarios es un tema complejo por que es multidimensional:

- El inventario puede consistir en inventario de ciclo, seguridad y defectos o problemas.
- El inventario de ciclo puede basarse en la historia de la demanda o en pronósticos de futura demanda.
- El inventario de seguridad se podrá necesitar para proteger contra la variabilidad, el error del pronóstico, la variabilidad de plazo de ejecución o la variabilidad de la producción.
- El inventario puede ser rellenado en un intervalo fijo o en una cantidad fija de bases.
- El inventario puede ser rellenado base *push* o *pull*.

Los tipos de inventario son:

- Inventario de materia prima.
- Inventario de WIP.
- Inventario de transportación.

Cuando el inventario es deliberadamente siendo mantenido se generan dos componentes:

- Inventario de ciclo: es la cantidad de un producto en específico a producir durante el ciclo de producción, que satisface la demanda durante el ciclo completo incluyendo la porción del ciclo de cuando otros productos están utilizado el activo. Este suele ser establecido por los cálculos EOQ.

- Inventario de seguridad: es el material que se sostiene para satisfacer la demanda en caso de que la demanda actual sea mayor a la esperada, o cuando empieza tarde el siguiente ciclo de producción. Este se basa en el promedio de demanda esperada por algún pronóstico. Aunque aparente ser un desperdicio y un solo por si acaso, es necesario ya que en el mundo real presenta mucha variación.

A su vez los supermercados tienden a tener inventario indeseado el cual no se ha planeado. Algunos de estos son:

- Inventario defectuoso.
- Inventario obsoleto.
- Inventario lento
- Inventario resultado de la producción de una prueba.

Como hemos mencionado, si lo que se está produciendo día a día está programado en un pronóstico, se tiene un sistema *Push*, sin embargo el pronóstico juega un papel muy importante en los sistemas *Pull*. Un ejemplo muy caro se da con los productos de estación. Aun que se tenga un inventario de seguridad muy alto existen estaciones de tiempo en donde la demanda del producto es muy alta y no se tendrá la capacidad de producirlo. Tal como pasa con los juguetes en navidad o las flores en un 14 de febrero. Es por esto que es importante entender que la planeación del inventario tanto como el ajuste de metas debe de ser basadas en algún pronóstico, pero la producción actual debe ser basada en el estado actual de operaciones del piso de la planta.

Como conclusión cabe enfatizar que los supermercados solo existen en una estrategia de MTS, generalmente no son necesarios en las estrategias MTO o antes del punto FTO en una operación FTO.

Un componente importante del diseño del supermercado es escoger los métodos más apropiados de señalamiento, en donde todos los involucrados puedan ver en tiempo real lo que se debe producir para rellenar el supermercado.

Cuando se diseñan y se gestionan de una manera efectiva, los supermercados pueden brindar un tiempo *takt* deseado que minimice inventario al mínimo nivel en el cual se pueda tener un buen flujo.

Cap. 16. La Importancia del Liderazgo y Procesos Robustos de Negocios

Es de vital importancia tener una visión clara y comprometida acerca de que es y lo que implica ser el líder por parte de los dueños de una empresa. Ya que en ellos van a caer las mayores decisiones que harán posible hacerla *lean*. Ellos deben comprometer, entrenar y darles poder de decisión a toda la fuerza de trabajo.

Para lograr esto se necesitan ciertas prácticas y metas, algunas de estas son:

- **Clasificación ABC.**
La clasificación ABC se basa en separar los productos en tres tipos (A, B y C) dependiendo de la cantidad de unidades que se fabrica por cada producto y la ganancia que se tiene por cada producto. Generalmente se tiene una especie de 80 – 20 de Pareto.
- **Plazos de entrega del cliente.**
Estos los tiene que especificar la fábrica. Generalmente es más corto el tiempo en MTS que en MTO debido a que la premisa es que ellos estarán en inventario producto terminado a la hora que se reciba la orden. A su vez se puede anticipar teniendo en mente el criterio ABC.
- **Niveles del servicio al cliente.**
Aquí el negocio decidirá dar más servicio o menos dependiendo que cliente se tenga y de cuál sea su estrategia con él. También se puede definir por medio de la clasificación ABC.
- **MTS, MTO, y FTO.**
Decidir que producto será MTS y cual MTO es importante ya que tienen impacto directo con los plazos de ejecución del cliente. En algunos casos se tienen que mezclar MTS y MTO para optimizar costos y funcionamiento. El criterio por cual usar productos MTO o MTS debe ser entendido y documentada para después ser probados por la misma con alguna frecuencia.
- **Análisis de la variabilidad de la demanda.**
Esto se hace calculando el coeficiente de variación (CV). Los productos con un alto valor de CV requieren un mayor inventario de seguridad para cumplir con el nivel de servicio. Generalmente el clasificar productos pro una base ABC y luego en CV con cada

clasificación ABC permite a el líder del negocio decidir que estrategias son más apropiadas para sus segmentos de productos.

- Protección (inventario de seguridad). Como ya lo comentamos el inventario de seguridad es importante para cumplir con la demanda en dado caso que esta se dé a la alza.

- Racionalización de SKU.

Es importante racionalizar los productos dependiendo su importancia y venta, ya que unos pueden llegar a perder valor económico. Generalmente se usa este sistema SKU para reducir la complejidad y así aumentar el funcionamiento de las metas.

- Negocio integrado y planeación de operaciones.

Las pólizas, prácticas y metas de las secciones anteriores se manejan por separadas y son distintas, pero cuentan con un alto grado de correlación. Es por esto que se tienen que estar checando frecuentemente ya sea mensual, trimensual o semestralmente.

Algunas de las malas prácticas de los negocios son:

- Tener bajos niveles de inventario de seguridad
- Esperar anormalmente bajos niveles de plazos de entrega del cliente.
- Esperar un perfecto servicio al cliente
- Reducir el inventario al finalizar el año.
- Sacar las ventas del siguiente cuarto.