



Universidad
Zaragoza

Tema 4. Lean Manufacturing.



Principios de Lean Manufacturing. Introducción

Organización industrial de la empresa de fabricación mecánica

Los capítulos anteriores cubrían el qué fabricar y cuándo fabricar. Siguiendo el hilo argumental planteado en la introducción, en este capítulo nos ocuparemos de **cómo fabricar**, entendiendo esta cuestión como un el estudio de los **modelos de organización** productiva y de **sistemas de gestión de manufacturas**.

En este caso, el sistema **Lean Manufacturing** (que en ocasiones se traduce de forma más o menos acertada como producción ajustada o manufactura esbelta), es el modelo de gestión de la producción que se ha impuesto con los años y se viene aplicando, con las adaptaciones necesarias y de una u otra forma, en una gran mayoría de industrias y empresas de todos los tamaños y sectores.

Principios de Lean Manufacturing. Orígenes

Lean Manufacturing. Orígenes. Modelo Americano

A **Ford** se le debe el concepto de **producción en cadena** (Moving assembly Line-Conveyor belt) y en general, a los “big three” productores de automoción estadounidenses (General Motors, Ford y Chrysler, hoy grupo Stellantis), la **producción en masa** en las primeras décadas de 1900, modelo que irían siguiendo otras grandes compañías occidentales en otros sectores.

Este modelo basaba su eficacia en el abaratamiento de costes por los volúmenes de fabricación y diseñaba sus sistemas de fabricación entorno a una línea de producción en las que las operaciones a realizar se dividían en estaciones de trabajo consecutivas. Las piezas se transportaban de una estación de trabajo a la siguiente mediante una “cadena” de producción y estaban en la estación tiempos de ciclo cortos (según en cuantas estaciones se había dividido el trabajo a realizar).

Durante los siguientes años, las compañías principalmente americanas y europeas irían evolucionando tecnológicamente pero siempre bajo este modelo de producción masiva de Henry Ford.

Desde el punto de vista de la mano de obra empleada, en su base, se empleaban operarios de baja cualificación a los que se les otorgaban operaciones sencillas, cortas y repetitivas.

Esto significó un cambio, viniendo de un modelo artesanal, en el que unos pocos operarios con mucho conocimiento en técnicas de producción y herramientas tal vez simples pero que requieren ajustes, son capaces de hacer productos completos, pero en poca cantidad.

Principios de Lean Manufacturing. Orígenes

Lean Manufacturing. Orígenes. Modelo Americano

El modelo de ensamblaje en cadena cambia los requerimientos de la mano de obra para ejecutarlo, requiriendo del operario pocos conocimientos puesto que las operaciones son ahora simples y repetitivas.

Modelo	Perfil de operario	Dificultad de la operación	Herramientas	Customización	Tiempos de operación	Capacidad productiva	Estandarización e intercambiabilidad
Producción Artesanal	Alta cualificación	Alta	Multioperación (requiere ajustes)	Alta	Altos	Baja	Bajo
Producción masiva	Baja cualificación	Baja	Dedicadas	Baja	Bajos	Alta	alto

No se debe extraer la conclusión de que fue la línea de ensamblaje en cadena la que permitió la producción en masa, sino que más bien fue un concepto que lo debe preceder: el **diseño para manufacturabilidad**, la estandarización e intercambiabilidad, que permitió subdividir los procesos completos de ensamblaje en operaciones cortas secuenciales, añadiendo capas al producto, las que permitieron la fabricación en cadena y, en consecuencia, la producción en masa.

Principios de Lean Manufacturing. Orígenes

Lean Manufacturing. Orígenes. Modelo Japonés

El modelo desarrollado por **Toyota** (por Eiji Toyoda y Taiichi Ohno a partir de 1950, aproximadamente) combina lo mejor de cada método (artesanal y producción masiva), con un enfoque cultural y organizativo distinto al americano y con unos principios muy claros que tienen implicaciones tanto en la gestión e la producción como en la organización.

La producción en masa no es lo mismo que el Lean Manufacturing, aunque los principios lean son de aplicación independientemente del volumen de fabricación que se tenga:

	Principio	Lotes e inventarios	Flexibilidad	Enfoque	Integración de la calidad	Flujo	Enfoque de costes	Sistema de producción
Producción en masa	Maximizar volumen	Altos	Baja	Productividad, Volumen	Separada de producción. Control final	Cadena	Reducción por volumen	Push o Pull
Lean Manufacturing	Minimizar despilfarros	Bajos (Mínimos)	Alta	Valor añadido	Built-In-Quality En línea Quality Andon	Continuo: One piece flow	Reducción por despilfarros	Pull

Principios de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing: Toyota Production System

El modelo desarrollado por Toyota se basa en dos pilares fundamentales:

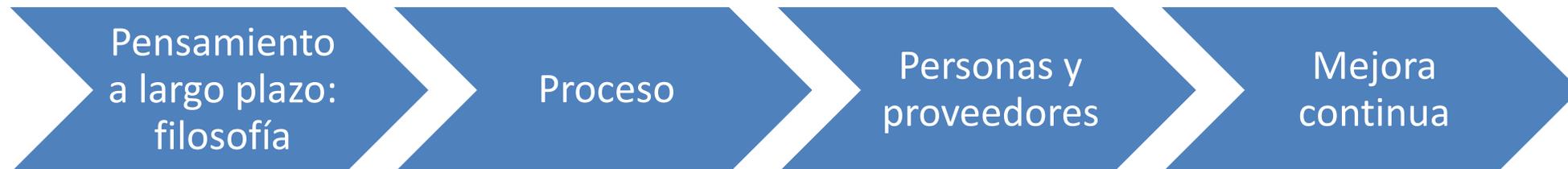
JUST IN TIME

Sincroniza la producción (incluidos los proveedores a través de la cadena de suministro) para producir únicamente lo que se demanda, cuando se demanda y en la cantidad justa en la que se demanda.

JIDOKA

Traducido normalmente como Automatización con toque humano, tiene que ver con la calidad integrada en el proceso mediante la cual se deja de producir inmediatamente ante la detección de cualquier defecto para solucionarlo de forma definitiva y continuar a partir de allí produciendo con calidad

A partir de allí, el modelo de Toyota se construye basándose en los siguientes elementos que los apoyan:



Principios de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing: Toyota Production System

Estos pilares fundamentales se desgranar y desarrollan en varios principios que los empiezan articular a niveles más operativos:

1- Filosofía de largo plazo para las decisiones de gestión

Construir una organización para un propósito, crear valor para el cliente de forma sostenible.

2- Procesos con flujo continuo

Crear un flujo continuo, sin esperas y sin paros, con procesos e información conectados. El flujo continuo facilita que los problemas sean visibles.

3- Sistema Pull

Producir solo lo que el cliente pide en la cantidad en la que lo pide y en el momento adecuado (Just in Time), alineando a los proveedores en este propósito, adaptándose rápido a los cambios y minimizando almacenajes de piezas innecesarios.

4-Heijunka: Carga de trabajo nivelada

Eliminar desequilibrios, equilibrar carga de trabajo, no saturar. Trabajo a ciclo constante (Takt Time)

Principios de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing: Toyota Production System

5 - Calidad a la primera: Built in Quality.

Asegurarse de producir solo piezas ok, parar en cuanto se detectan defectos, encontrar la causa raíz y solucionar de forma robusta y estable. Cultura de Calidad a todos los niveles, operarios de producción involucrados en detectar y resolver).

6 - Estandarización

El trabajo estandarizado es la base para poder detectar problemas y para conocer métricas de producción. El trabajo estandarizado debe recoger el resultado de la mejora continua.

7 - Gestión visual

Visibilizar problemas, puntos de atención, estándares de trabajo, procedimientos, situaciones operativas, etc.

8 - Tecnología

Uso de tecnología que permita la estandarización, el mantenimiento del flujo productivo y que no introduzca incertidumbres.

9 - Liderazgo

Cultura de crecimiento de personas involucradas en el proceso y la cultura de la organización.

Principios de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing: Toyota Production System

10 - Desarrollar personas y equipos

Los equipos deben ser multidisciplinares, alineados con objetivos comunes, conocedores de los puestos de trabajo del resto de miembros del equipo (flexibilidad) y vigilantes de los principios lean.

11 - Red de socios y proveedores ayudarles y pedirles mejorar

Entendimiento de los proveedores como una extensión de la empresa y participes de la mejora continua (Sobre todo teniendo en cuenta, en el contexto de los OEM de automoción, que la gran mayoría de componentes del coche son fabricados por proveedores externos).

12 - Genchi Genbutsu:

Ir y verlo por ti mismo, conocer a fondo la situación, el entorno y las circunstancias. Los responsables de procesos, producto, ingeniería deben ir a la fuente del problema y basar sus acciones de solución en datos verificados.

Principios de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing: Toyota Production System

13-Nemawashi

Trabajo en equipo en la resolución de problemas, toma de decisiones meditada y consensuada con los afectados que tenga en cuenta los escenarios y soluciones alternativas posibles. El análisis profundo y el consenso facilitarán la implementación rápida

14-Hansey y Kaizen

Cerrar el círculo del proceso con la autorreflexión, introspección y autocrítica reconocer los puntos débiles, las áreas donde queda espacio para la mejora y vuelva a recorrer el camino mediante los procesos de mejora continua.

Principios de Lean Manufacturing

Tipos de desperdicios

En el foco del sistema está la **eliminación del desperdicio** de forma que las únicas acciones y operaciones que queden sean las que añadan valor al producto. Para poder eliminar el desperdicio, primero hay que identificarlo: los 7+1* tipos que hay son:

Sobreproducción

- Usar recursos para producir algo que no se ha pedido

Esperas

- Operarios esperando piezas, etc. y por tanto sin producir, y piezas esperando ser procesadas

Movimientos innecesarios

- Cualquier movimiento o desplazamiento del operario que no contribuya a producir la pieza

Sobreproceso

- Realizar operaciones o tareas innecesarias para realizar la pieza

Exceso de inventario

- Almacenar material que no se necesita en ese momento

Transportes

- Traslados de las piezas de una parte del proceso a otra, distancias innecesarias

Retrabajos

- Reparar piezas que se han fabricado con algún defecto

Creatividad / Talento no usado*

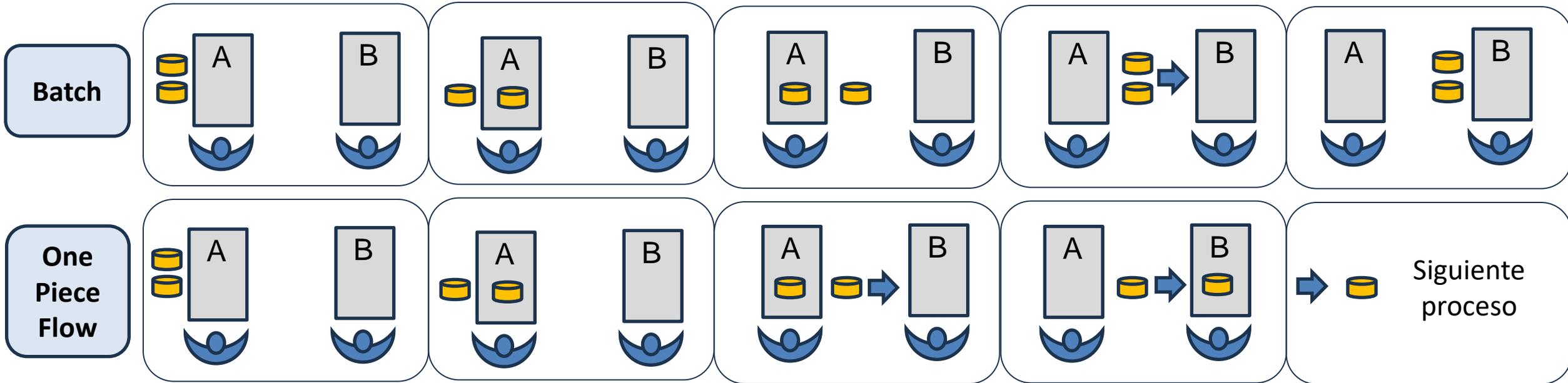
- Ideas, sugerencias, mejoras no incorporadas por no escuchar e involucrar a los empleados

* Originalmente los tipos de desperdicio eran 7 (los 7 primeros del listado anterior). Posteriormente, se añadió el octavo.

Principios de Lean Manufacturing

Conceptos relacionados: Work in Progress y One Piece Flow

Work In Progress es un concepto que está relacionado con varios tipos de desperdicio: Sobreproducción, exceso de inventario y transporte de piezas. Implica el material que está en proceso de ser completado, pero aún no se ha acabado, es decir, tiene incorporado e imputado los costes de manufacturas (mano de obra, materiales, energía, etc.) pero aún no ha retornado valor puesto que no se ha entregado y facturado. El sistema Lean trabaja bajo el concepto de **One-Piece-Flow**, moviendo una pieza cada vez, sin acumular lotes ni pulmones de piezas entre procesos. Abajo se puede ver el concepto de trabajo a lotes (Batch production) y One-Piece-Flow y como el WIP se optimiza en este último, además del tiempo de espera entre estaciones



Principios de Lean Manufacturing

La ley de Little

La **ley de Little** (dentro de la teoría de colas) relaciona el **WIP**, el **Lead Time** y el **Throughput** siendo:

WIP: Número de piezas que se están procesando (que están a lo largo del proceso productivo, pero no han salido)

Lead Time: Tiempo que pasa desde que se genera una entrada en el sistema (recepción del pedido de una pieza) hasta que se entrega esa pieza terminada.

Throughput: Tasa de transferencia, número de unidades completas que un sistema puede procesar y entregar en un determinado tiempo (piezas/hora o piezas/día, por ejemplo)

La ley Little indica que:
$$\text{Lead Time} = \frac{\text{WIP}}{\text{Throughput}}$$

De manera que cuanto mayor sea el trabajo en curso, a igualdad de capacidad de producción, mayor será el tiempo de entrega del producto.

Lean Manufacturing

Herramientas para Lean Manufacturing

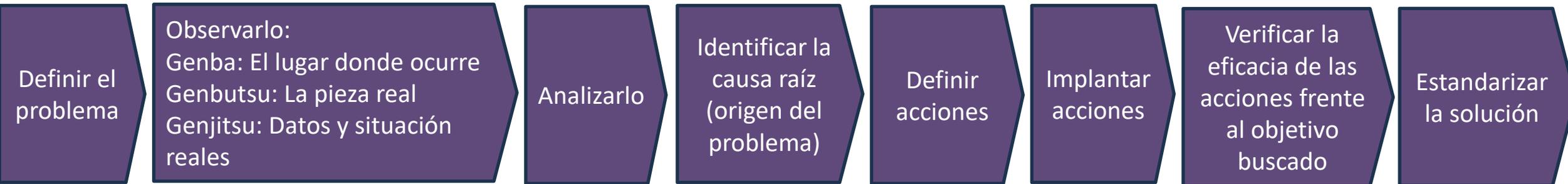
Existen varias herramientas que se pueden aplicar con el objetivo de detectar y visibilizar tanto el desperdicio (para combatirlo) como el valor añadido, así como para implantar los procesos de mejora continua en la compañía. De cada una de ellas se pueden encontrar libros enteros ampliándolas y proporcionando metodologías, plantillas, ejemplos de aplicación y multitud de información para profundizar.

Kaizen:

Significa Mejora: Cambiar a mejor. Tiene que ver con todo lo que envuelve al proceso de mejora continua, el perfeccionar continuamente los procesos reduciendo el desperdicio e incorporando lecciones aprendidas.

Se pueden enfocar a resolver un problema o a mejorar una parte del proceso, estación de trabajo, etc.

La pauta de aplicación es:



Lean Manufacturing

Herramientas para Lean Manufacturing

Kanban

Sistema para llevar a cabo el modelo Pull de fabricar solo lo que se demanda. Un proceso solo se pondrá a producir cuando el siguiente proceso lo pide (no producir por si acaso, no para tener piezas de pulmón, no para adelantarse el trabajo...). De la misma forma, un material solo se mueve o se repone del almacén si se va a usar porque un proceso lo solicita para producir una demanda real.

En planta y almacenes, se suele implantar con tarjetas o botoneras electrónicas, especialmente en cuanto a reposición de piezas o a fabricación de subconjuntos auxiliares, que representan las peticiones formales de material: si no hay tarjeta, no se produce, no se mueve material, no se repone material.

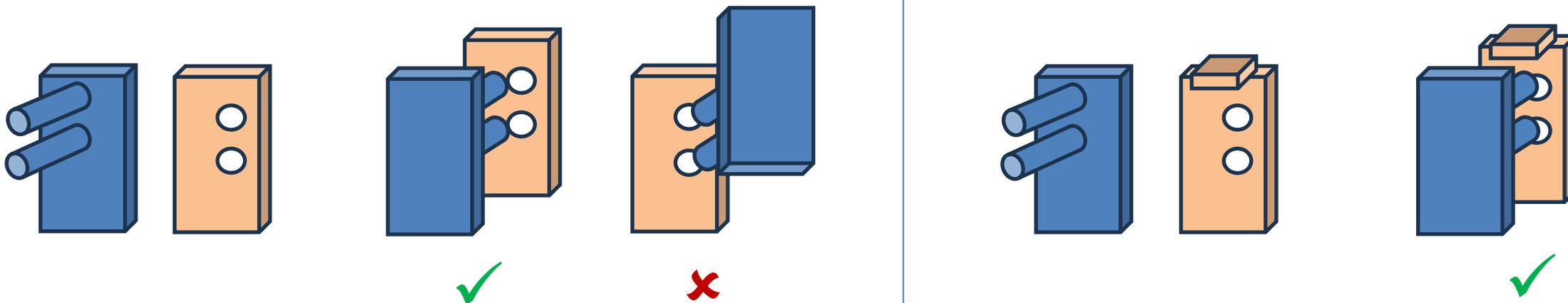
¿Cuántos tipos de desperdicios consideras que el sistema Kanban ayuda a eliminar?
Sobreproducción, WIP, transporte innecesario....

Lean Manufacturing

Herramientas para Lean Manufacturing

Poka Yoke

Concepto japonés que significa “a prueba de errores”. Se trata de todo elemento físico o mecanismo que impida que una operación principalmente de ensamblaje se realice mal. Nuestro entorno cotidiano está lleno de ejemplos de elementos que están diseñados para que solo se puedan colocar si de una determinada manera. En el ejemplo de abajo, a la izquierda, vemos como el ensamblaje se puede hacer de dos formas, una es correcta y la otra no. Si se quiere asegurar que solo se puede ensamblar de una manera, un simple diseño de una pestaña saliente (dibujos de la derecha) puede impedir un mal montaje.



Lean Manufacturing

Herramientas para Lean Manufacturing

5's (Cinco eses):

Son las iniciales de 5 palabras japonesas que estructuran el método para mantener el orden y limpieza en el puesto de trabajo:

- **Seiri:** Separar, seleccionar.
- **Seiton:** Ordenar, organizar: (un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar)
- **Seiso:** Limpiar (implica inspeccionar)
- **Seiketsu:** Estandarizar (gestión visual, identificar)
- **Shitsuke:** mantener la disciplina (compromiso)

Value Stream Mapping (VSM)

Es una metodología para analizar y visualizar, mediante diagramas de flujo, lo que añade valor y lo que no en un proceso. Se centra en los flujos de material e información. Permite ver cuellos de botella, Lead time, pero sobre todo visibiliza el desperdicio, reflejando valores como: esperas, movimientos de materiales, inventarios, etc.

Herramientas para Lean Manufacturing

TPM: Total Productive Maintenance

Es una metodología para la gestión de la actividad de mantenimiento que involucra a los empleados de producción (que están en primera línea, operando continuamente con las máquinas de producción y de las que tienen un conocimiento funcional alto), para mejorar la disponibilidad de máquina. Los elementos clave que articulan este sistema de gestión son:

- Mantenimiento autónomo por parte del personal de producción (personas más próximas a las máquinas y primeros testigos de los fallos).
- Entrenamiento del personal: Formación continua: Khow-how y know-why.
- Mantenimiento planificado (principalmente preventivo, pero no exclusivamente) en coordinación con los planes de producción.
- Mantenimiento de elementos de calidad: Enfoque en los elementos que dan calidad al producto, que también requieren mantenimiento y ajustes. Mantener no solo para que la máquina no tenga averías sino para que lo que se produzca se haga sin defectos.
- EEM (Early Equipment Management): todo lo aprendido, se debe trasladar a los nuevos diseños y operaciones de máquinas en producción (lecciones aprendidas).

Herramientas para Lean Manufacturing

TPM: Total Productive Maintenance

- Mejora continua de todo el proceso.
- Seguridad e higiene y Medioambiente: Objetivos de cero accidentes, crear un lugar de trabajo seguro para personas y entorno está en línea con la legislación de la mayoría de los países y facilita todos los elementos anteriores.
- TPM de oficinas (o administración): todo este enfoque no se debe quedar circunscrito al área operativa, sino que también es de aplicación en las áreas más administrativas de la empresa, haciendo que sea un enfoque cultural organizativo total.

SMED (Single minute Exchange of die).

Metodología específica para reducir el cambio de herramientas o de configuración necesarios para producir un determinado producto. Nace como una observación y una necesidad específica relativa con el tiempo necesario para cambiar de troquel y matriz en las prensas de estampación de piezas metálicas para automoción.

En el modelo de producción en masa estadounidense, se contaba con muchas líneas de prensas dedicadas para fabricar piezas en paralelo, ya que cada cambio de matriz y troquel en una de ellas, para cambiar de pieza a producir, les podía llevar jornadas enteras de trabajo.

Lean Manufacturing

Herramientas para Lean Manufacturing

SMED (Single minute Exchange of die).

Este tiempo incluye la verificación de calidad de las primeras piezas y ajustes necesarios (es decir, el tiempo total de cambio es desde la última piza ok entregada del lote de producción anterior hasta la primera ok entregada del nuevo lote).

Esto no era de aplicación en Toyota, por espacio y volumen de coches fabricados, así que en su caso, se vieron forzados a mejorar esta situación para ser competitivos. Se realizaron varios análisis y se definió la estructura operativa para reducir los tiempos de cambio de herramienta:

- Distinguir entre ajustes y preparativos que se pueden hacer con máquina en marcha de los que requieren máquina parada para realizarse, tratando de convertir todos los posibles en los que se pueden hacer con máquina en marcha.
- Eliminar operaciones que no añaden valor (eliminar desperdicios).
- Definir operaciones que se pueden realizar en paralelo (que no dependen unas de otras, eliminando esperas).
- Reducir el tiempo de las operaciones que quedan (Kaizen y mejora continua)
- Estandarizar el método.

Otros aspectos que ya hemos visto como el orden y la limpieza, también facilitan estos cambios rápidos.

Lean Manufacturing

Herramientas para Lean Manufacturing

Ejemplo de SMED: El pit stop de la Formula 1.

En el pit stop o parada en boxes que se hace en Formula 1, se rellena de combustible y se cambian los 4 neumáticos en pocos segundos. El tiempo necesario para hacerlo depende de muchos factores y si bien es cierto que ha mejorado en gran parte por la tecnología aplicada y los recursos empleados, la reducción de segundo con los años es un claro ejemplo de SMED y de mejora continua aplicada a la competición.

Lean Manufacturing

Una planta histórica: el experimento de NUMMI

A principios de los años 80, General Motors y Toyota firmaron una joint venture mediante la cual se crearía NUMMI (New United Motor Manufacturing, Inc.). El acuerdo se materializó reabriendo una planta de producción cerrada por General Motors en Fremont (con altos índices de absentismo y problemas de calidad) en la cual se fabricarían coches con plataforma compartida

A General Motors le permitía aprender el sistema de producción de Toyota y a Toyota entrar a fabricar en estados unidos. La planta fue dirigida bajo el sistema organizativo japonés. El personal laboral se formó en plantas japonesas y se cambiaron temas estructurales como la calificación de los operarios (que pasó de ser muy estamental en la época de General Motors al concepto de equipos de trabajo de Toyota, en el que grupos pequeños de operarios con la misma calificación eran liderados / coordinados por un operario que formaba parte del equipo y realizaba tareas de producción en sustitución de sus compañeros cuando era necesario y que rotaban entre distintos puestos dentro de la sección asignada. Se les involucraba en la detección y resolución de defectos y se incentivaba el parar la producción para resolverlos (al responsable de planta se le atribuye la frase de “si no hay problemas, tenemos un problema”, en alusión al hecho de no informar de problemas o dejarlos pasar para evitar penalizaciones y conflictos.

El resultado fue una mejora en las métricas de rendimiento de la planta.

La planta estuvo activa desde 1984 hasta 2010 cuando se cerró y parte de sus terrenos e instalaciones fueron adquiridas por Tesla.

Otros sistemas de gestión

OPT (Optimized Production Technology) y TOC (Theory of Constraints)

Existen otras metodologías de gestión que han ido surgiendo con los años. No son en absoluto sistemas excluyentes y pueden convivir y complementarse. Se trata de modelos que se enfocan en unos aspectos en particular, al igual que Lean se enfocaba en la identificación del valor añadido y la eliminación de desperdicios.

Uno de esos sistemas fue el desarrollado por **Eliyahu Goldratt** a finales de 1970 que originalmente se denominaba OPT y que evolucionó hacia un sistema más elaborado que se pasó a llamar Teoría de las limitaciones.

En este sistema, el foco son los **Cuellos de Botella** del sistemas, es decir, las partes del proceso que suponen el limitante para que la empresa produzca más (si bien el objetivo no tiene por qué ser producir más, como en la producción en masa, sino controlar la producción y equilibrarla mediante la identificación y control de los cuellos de botella) y tiene varias reglas para destacar que son los cuellos de botella los que determinan el Throughput y los stocks y por tanto los que requieren atención y control, mientras que las mejoras o el mero hecho de activar recursos que no son cuellos de botella no tienen impacto en la mejora del sistema.