

# **Capítulo 2. Introducción a Lean Manufacturing**

*Lean Manufacturing* es el enfoque base del presente proyecto. Por ello resulta necesario definirlo y realizar un análisis de sus principios y de sus principales objetivos.

En este punto, tras una breve definición del enfoque y de sus objetivos, se enumerarán las técnicas *Lean* utilizables en el presente documento. Es necesario resaltar que algunas de ellas no serán utilizadas, ya que su implantación no se encuentra entre los objetivos del proyecto. No obstante serán definidas, para ayudar a la comprensión del enfoque *Lean*, y para remarcar las sinergias existentes entre dichas técnicas, y hacer comprender que ninguna técnica *Lean* debe ser implantada aisladamente, sino que debe considerarse parte de un “todo”, cuyo objetivo final es el cambio cultural en la organización.

## **2.0. Historia y origen del término “*Lean Manufacturing*”**

La metodología de mejora de la eficiencia en manufactura fue desarrollada por la empresa Toyota, exactamente concebida en Japón por Taiichi Ohno, director y consultor de la empresa Toyota. Ingresado en 1937, Ohno observó que antes de la guerra; la productividad de Japón era muy inferior a la americana. Después de la guerra Ohno visitó Estados Unidos, donde estudió los principales pioneros de productividad y reducción de desperdicio del país como Frederick Taylor y Henry Ford. Ohno se mostró impresionado, por el énfasis excesivo que los americanos ponían en la producción en masa de grandes volúmenes en perjuicio de la variedad, y el nivel de desperdicio que generaban las industrias en el país más rico de la postguerra exhibida. Cuando visitó los supermercados tuvo un efecto inspirador inmediato; Ohno encontró en ellos un ejemplo perfecto de su idea de manejar inventarios reducidos, eliminar pasos innecesarios y controlar las actividades tanto primarias y dar control al que hace el trabajo (en este caso el cliente) como apoyo a la cadena de valor. La palabra japonesa “muda” significa “desperdicio” y se refiere en específico, a cualquier actividad humana que consume recursos y no crea valor.

El objetivo es encontrar herramientas que ayuden a eliminar todos los desperdicios y todas las operaciones que no le agregan valor al producto o a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Este proceso de manufactura está relacionado con la utilización del Activity-based costing el cual de acuerdo a su versión original busca relacionar los costos con todos los valores que el cliente percibe del producto. Por otro lado, sirve para 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. El propósito de la manufactura esbelta es serle útil a la comunidad lo cual implica estar en busca de la mejora continua.

El origen del término “Lean” fue creado en 1987 en el MIT (Massachusetts Institute of Technology, Boston MA.)

Un equipo del MIT estaba estudiando el sistema de Toyota de diseño, producción, aprovisionamiento y servicio al cliente. Como parte del análisis, escribieron en una pizarra todos los elementos que lo diferenciaban respecto del sistema tradicional de producción en masa:

- Necesita menos recursos humanos para diseñar, fabricar y servir los productos.
- Necesita un menor volumen de inversión para conseguir un volumen determinado de capacidad productiva.
- Fabrican productos con un menor nivel de defectos y retrabajos.
- Utilizan menos proveedores pero más cualificados.
- Pueden fabricar una mayor gama de productos con menor coste para mantener precios y ganar cuota de mercado.
- Necesita menos nivel de inventario en cada fase del proceso.

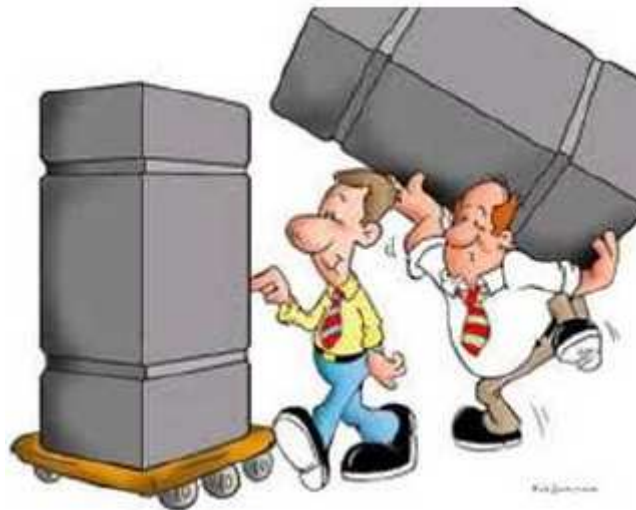
Analizando todos los elementos descritos llegaron a la conclusión de que necesitaban “menos de todo” para crear una cantidad determinada de valor, lo definieron por tanto como una organización “esbelta” (lean).

Por lo tanto el “Lean Manufacturing” recoge las técnicas desarrolladas en el sistema de producción de Toyota.

## 2.1. *Lean Manufacturing*. Definición

El “Lean Manufacturing” es en definitiva una serie de principios, conceptos y técnicas diseñadas para eliminar el desperdicio y establecer un sistema de producción eficiente que permita realizar entregas a los clientes de los productos requeridos, cuándo son requeridos, en la cantidad requerida y sin defectos.

Aplicar las prácticas Lean es una forma de reducir costes, mejorar los resultados así como la reactividad y flexibilidad frente a cambios externos y crear valor para la empresa; en definitiva, una forma de hacer más con menos recursos para acercarse cada vez más a las necesidades exactas del cliente.



**LEAN = ELIMINACIÓN DE DESPERDICIO Y CREACIÓN DE VALOR,  
MAYOR REACTIVIDAD A LOS CAMBIOS**

*Figura C.2.1. Eliminación de desperdicio*

Definición alternativa propuesta por Jim Womack (coautor del célebre libro de referencia en Lean Manufacturing, *Lean Thinking*):

- ✓ Siempre empieza situándose en la posición del cliente.
- ✓ El cliente quiere valor: El producto-servicio adecuado, en el momento adecuado, en el lugar adecuado, con un precio adecuado y con una calidad perfecta.

- ✓ Valor es el resultado de una serie de actividades o procesos: Diseño, producción, servicio a clientes externos y procesos de negocio para clientes internos.
- ✓ Cada proceso está formado por una serie de pasos que hay que dar según una secuencia adecuada y en el momento adecuado.
- ✓ Para maximizar el valor de los clientes, estos pasos tienen que darse con “cero” desperdicios (Waste en Inglés o el término Muda Japonés).
- ✓ Para conseguir evitar los desperdicios es necesario que cada paso en el proceso de creación de valor sea capaz (consiga las tolerancias especificadas), esté disponible (no tenga paros) y flexible (capaz de adaptarse a los cambios en los requerimientos de los clientes).
- ✓ Los pasos se tienen que ejecutar de manera nivelada (cantidades constantes de trabajo por periodo de tiempo) y pasando de forma rápida de un paso al siguiente en función de los requerimientos aguas abajo en la cadena de valor (pull). Esta es la forma de eliminar los 7 desperdicios identificados por Toyota.
- ✓ Un proceso verdaderamente lean es un proceso que tiende a la perfección: Satisface de forma perfecta los deseos del cliente en cuanto a la percepción de valor y con “cero” desperdicios. El lean manufacturing busca la perfección, que por supuesto, es inalcanzable.
- ✓ Objetivos del “Lean”: Un mayor nivel de calidad, un coste menor y un Lead Time más corto.
- ✓ Métodos generales: Just-in-time y Jidoka (Autonomatización).
- ✓ Herramientas específicas: Kanban, poka-yoke, SMED,...
- ✓ Base: TPM, Heijunka (Nivelado), trabajo estandarizado y Kaizen.

Una organización “Lean” tiene que incluir todos estos elementos, cada uno de ellos no puede trabajar por separado, es decir, es necesario utilizar los objetivos, los métodos, las herramientas y la base de forma combinada. Por ejemplo, un proceso no puede ser “capaz”, disponible o en flujo nivelado sin estándares de trabajo.



Figura C.2.2. Estructura Lean Manufacturing

Lean es una metodología de trabajo que permite trabajar sobre la cadena de valor del producto/servicio o de una familia de productos/servicios. Una empresa que trabaja según los principios de lean, **busca sistemáticamente conocer aquello que el cliente reconoce como valor añadido y está dispuesto a pagar por ello, al tiempo que va eliminando aquellas operaciones / pasos del proceso que no generan valor.**

La teoría del Lean Manufacturing está estructurada en una serie de Principios & Conceptos y Herramientas & Técnicas, las cuales se muestran a continuación:

PRINCIPIOS & CONCEPTOS	HERRAMIENTAS & TÉCNICAS
<b>VALOR</b>	Los 7 desperdicios
<b>CADENA DE VALOR</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mapa de la Cadena de Valor Actual y Futuro</li> <li>- Búsqueda de desperdicios</li> </ul>	VSM – Value Stream Mapping
<b>FLUJO CONTINUO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 0 defectos</li> <li>- Flexibilidad &amp; Reactividad</li> <li>- Trabajo “pieza a pieza”</li> <li>- Fábrica visual</li> <li>- Implicación del Personal</li> <li>- Estandarización</li> <li>- Orden y Limpieza</li> </ul>	5S – Housekeeping TPM – OEE Trabajo al Takt-time (TT) OPF- One-piece-flow (celulación/células virtuales) Equilibrado Lay-out estándar orientado a flujo SMED Gestión visual - Indicadores Equipos autónomos / Calidad integrada / Polivalencia Autonomation (Jidoka) Poka-yoke- Sistemas anti-error
<b>PULL FLOW</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flujo tirado por el Cliente</li> <li>- Reducción de tamaño de lotes (fab. y transferencia)</li> <li>- Nivelado</li> </ul>	Kanban Supermercados, FIFO, ConWip, POLCA, “bola de golf” Secuenciación (Heijunka) Integración de proveedores –Milk-run
<b>PERFECCIÓN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora continua</li> <li>- Repetitividad de los procesos sin errores</li> </ul>	Mejora Continua (Kaizen – MC y MR) PDCA AMFE 6SIGMA (DMAIC)

**Tabla C.2.1. Conceptos y Herramientas Lean.**

Esta tabla resume la totalidad de los conceptos y herramientas genéricos propios de la teoría Lean, la cual tiene aplicación en múltiples sectores industriales, como pueden ser: automoción, aeronáutico, médico, alimentación..., a la vez que en el sector servicios (Lean Service), procesos de diseño (Lean Design) y la cadena de suministro de un proceso productivo (Lean Supply Chain); si bien cada uno de ellos introducirá una serie de particularidades.



En el caso del presente documento, se va a ver la aplicación particular de la teoría Lean al almacén de logística de una empresa aeronáutica.

Previo a desarrollar esta aplicación particular de Lean, se va a exponer cómo debe ser el proceso de aplicación de la teoría Lean, para convertir un sistema productivo genérico de una empresa en un Sistema Lean de Producción, o en el caso concreto de este documento, un Sistema Lean en un almacén de logística.

## **2.2. Proceso de transformación Lean: principios Lean.**

Lo que se conoce por “Principios lean” es la secuencia lógica que hay que seguir para transformar el Sistema de Producción de una empresa a un Sistema Lean. Para conseguir este objetivo es necesario aplicar los diferentes conceptos y herramientas propios de la teoría Lean, mostrados en la tabla 2.1.

*Nota: Dado que el objetivo primordial de este documento es el de mostrar la aplicación de los conceptos y herramientas genéricos de la teoría Lean en el ámbito de un almacén de logística, se van a detallar en este punto sólo aquellos conceptos y herramientas de Lean que han sido aplicados en el proyecto real en el que el autor pudo participar, de tal forma que aquellos que no han sido empleados serán brevemente definidos en esta sección, y se dará al lector una referencia para acudir al anexo correspondiente para una explicación más detallada de los mismos.*

*Por supuesto, las herramientas que no han sido aplicadas en estos casos son perfectamente aplicables a un almacén de logística, de tal forma que dependerá del alcance de cada tipo específico de proyecto, la necesidad de aplicar unas u otras herramientas.*

Como un primer paso en la transformación, es necesario identificar las fuentes actuales/potenciales de desperdicio del sistema productivo de la empresa para así lograr eliminarlas.

A continuación se detallan los pasos a seguir:

## 2.2.1. Identificación del Valor

Valor es un concepto de percepción de un producto o servicio. Es todo aquello que hace que se cumplan las funcionalidades esperadas por el cliente, con un nivel de calidad esperado, a un coste esperado y en un plazo de tiempo esperado y por el cual está dispuesto a pagar el Cliente.

Herramienta para la identificación de valor:

Todo aquello que no es valor o no ayuda a incrementarlo de forma directa y supone un coste para la empresa se denomina Desperdicio.

En la teoría Lean se identifican 7 desperdicios básicos;

### **LOS 7 DESPERDICIOS:**

Los 7 desperdicios fueron definidos por el responsable de establecer el sistema de producción en Toyota, Taiichi Ono.

Desperdicio (“Waste” en Inglés y “Muda” en Japonés) es toda actividad que no aporta valor al producto o servicio pero que consume recursos.

Los 7 desperdicios son los siguientes:

- **SOBREPRODUCCIÓN:** Producción de referencias antes de que sean requeridas en el proceso cliente.

- **TIEMPOS DE ESPERA:** Recursos sin utilizar esperando a poder realizar una actividad.

- **TRANSPORTE Y ALMACENAJE:** Tiempo invertido en transportar y almacenar materiales o documentos.

- **TIEMPOS DE PROCESO INNECESARIOS:** Procesos ineficientes que originan la necesidad de realizar tareas sin valor añadido.

- **INVENTARIOS:** Acumulación de materia prima, producto en curso o producto terminado.

- **MOVIMIENTO:** Cualquier movimiento (método) que no es necesario para completar una operación de valor añadido.

- **DEFECTOS:** Utilizar, generar o suministrar productos que no cumplen las especificaciones.

Es posible sin embargo identificar otro tipo de desperdicios incluidos en los 7 mencionados anteriormente o diferentes:

- Se suele incluir la “falta de seguridad” como un desperdicio más.
- Otro desperdicio que se suele incluir es el de no aprovechar las ideas de mejora de las personas de la organización.
- Otro desperdicio identifica los errores en el diseño de procesos (En la fase de ingeniería – diseño).

#### Niveles de desperdicios.

A la hora de detectar los desperdicios es necesario observar los procesos desde distintos niveles:

- A nivel macro (Flujo de materiales a lo largo de una planta o varias plantas): Stock o inventario, lay-out ineficiente, áreas de inspección, devoluciones de clientes, lotes de transferencias, flujo intermitente...
- En el ámbito de proceso (En una máquina o línea): Tiempo de preparación, desequilibrios entre operaciones, averías, chatarra, mermas...

- A nivel micro de operaciones (El método): Agacharse, coger y dejar, desplazarse, búsquedas,...

### **LA MEJORA Y LOS DESPERDICIOS:**

En la base del Lean Manufacturing está el establecimiento de un proceso de mejora basado en:

- Saber qué aporta valor y qué no lo aporta.
- Eliminar o reducir las actividades que no aportan valor.

Traducido a una tarea concreta:

- Identificar el desperdicio: Del tiempo total dedicado a la tarea, habrá parte en la que se aporte valor y parte en la que no.
- Mejorar (cambiar cosas) para eliminar tiempo que no aporte valor.
- Asignar operaciones que aporten valor.

### **2.2.2. Identificación de la Cadena de Valor.**

La cadena de Valor es una secuencia de actividades o pasos (con y sin aporte de valor) desarrolladas para conseguir un determinado producto o servicio a través de las tres tareas típicas de gestión de un negocio:

- Tareas de resolución de problemas: Desde el diseño hasta el lanzamiento de un producto
- Tareas de gestión de la información: Desde la recepción de pedidos hasta la planificación de la expedición.
- Tareas de transformación física: La transformación desde materias primas hasta producto terminado.

El análisis lleva a identificar los desperdicios actuales y definir la cadena de valor futura objetivo.

La herramienta de Lean asociada al concepto de Cadena de Valor es:

#### **Cadena de Valor: Value Stream Mapping (VSM)**

El VSM es una herramienta utilizada para analizar de forma global la cadena de valor, más allá del análisis de un único proceso y recogiendo únicamente ciertos datos generales de las distintas operaciones que se realizan. El objetivo del mapeado de la cadena de valor es obtener una perspectiva general del conjunto, no sólo de los procesos individuales, y mejorar todo, no sólo optimizar las partes. A partir de la información recopilada se debe establecer cuál es la situación objetivo con el mapa futuro de la cadena de valor.

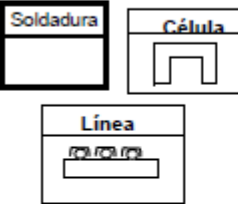
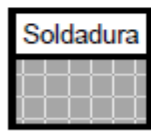

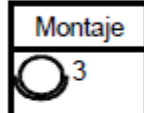
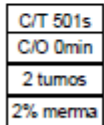
Por último se establecerá un plan de acciones donde se especificarán los cambios que es necesario realizar y los encargados de los mismos.

El objetivo puede ser el obtener una visión del flujo de producción “de puerta a puerta” en una planta, incluyendo la expedición del producto al cliente de la planta y la entrega de piezas y el material; o, en el caso de empresas grandes, el estudio de la cadena de valor de un producto que pasa por varias instalaciones.





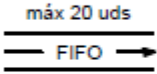


El análisis se centra particularmente en la relación entre el flujo de materiales y el flujo de información. Normalmente el estudio de la cadena de valor se centra en la optimización del flujo de los materiales a lo largo de todo el proceso productivo. En la producción lean, el flujo de información se considera tan importante como el de material. De manera general el proceso de mapeado debe realizarse con el objetivo de responder la pregunta ¿cómo se puede hacer fluir la información de tal forma que un proceso haga solamente lo que necesita el próximo proceso y cuando lo necesita?




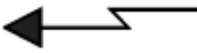
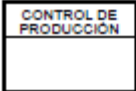
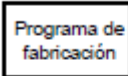

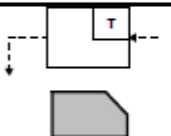
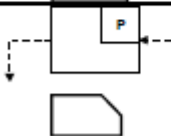

### **Simbología del VSM:**

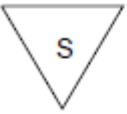

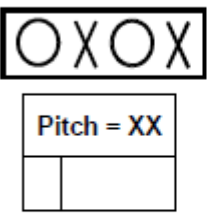
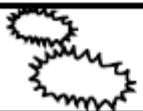
La metodología VSM se basa en una descripción gráfica de la cadena de valor utilizando símbolos estandarizados, los cuales se muestran a continuación:

SÍMBOLO	REPRESENTA	OBSERVACIONES
 <p>Soldadura</p> <p>Célula</p> <p>Línea</p>	<p>Proceso de fabricación dedicado a la familia de productos analizada</p> <p>Puesto – Célula - Línea</p>	<p>Representa un <u>área de flujo continuo</u>. Puede incluir una máquina o una célula.</p>
 <p>Soldadura</p>	<p>Proceso de fabricación compartido con otras familias de productos que no estén analizando.</p>	<p>Las conclusiones que se adopten sobre este proceso hay que contrastarlas con el resto de productos.</p>
	<p>Proceso origen o destino de la cadena de valor.</p> <p>Normalmente, el proveedor o el cliente.</p>	
 <p>Montaje</p> <p>3</p>	<p>Proceso de fabricación con 3 operarios asignados por turno.</p>	
 <p>C/T 501s</p> <p>C/O 0min</p> <p>2 turnos</p> <p>2% merma</p>	<p>Caja de parámetros. Se incluye la información que define el proceso.</p> <p>C/T (Tiempo de ciclo), C/O (Tiempo de cambio). Turnos, mermas, disponibilidad, tamaño de lote...</p>	<p>Se representa en la parte inferior del proceso.</p>



SIMBOLO	REPRESENTA	OBSERVACIONES
	Inventario. Un punto de acumulación de material por interrupción de flujo.	Se anota la cantidad de unidades y los días de stock.
	Punto de acumulación de material. BUFFER Es una protección a variaciones EXTERNAS: Variación en la demanda.	Sirve para cumplir con la demanda absorbiendo variaciones. Se puede eliminar con flexibilidad en capacidad productiva.
	Punto de acumulación de material. STOCK DE SEGURIDAD. Es una protección a problemas INTERNOS: Defectos, Averías,...	Sirve para cumplir con la demanda absorbiendo problemas internos. Se puede eliminar resolviendo las incidencias internas.
	SUPERMERCADO. Dispone de una cantidad por referencia que se repone en función del consumo registrado.	Se utiliza en los puntos de la cadena de valor en los que no se puede establecer un flujo continuo.
	Punto de acumulación de material. Sale lo primero que ha entrado. Está limitada la capacidad, si se alcanza el tope de capacidad se interrumpe el proceso de cabecera.	Alta variedad de productos. No se puede establecer un Super. Protege el proceso de salida.
	Flujo de materiales desde el origen de la cadena o al destino de la cadena.	
	Flujo de materiales PUSH.	El material avanza independientemente del consumo registrado.

	Flujo de materiales PULL	El material avanza porque se ha producido un consumo de productos.
<b>SÍMBOLO</b>	<b>REPRESENTA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
	Flujo de información suministrada de forma manual (Papeles, documentos,...)	
	Envío por transporte de carretera.	Se anota la frecuencia de envío y el lote de transporte.
	Flujo de información suministrada de forma electrónica (EDI, e-mail...)	
	Proceso de Control. Recibe información (previsiones, consumos...), la procesa y genera información para controlar el flujo de materiales.	
	Información. Previsiones, órdenes de fabricación...	
	Sistema informático (Base de Datos)	Sistemas ERP,....
	Kanban de transporte: Indica el número de componentes a retirar de un Supermercado.	
	Kanban de producción. Indica el número de productos a fabricar para reponer un consumo de materiales.	
	Tarjetero Kanban	

	Señal Kanban. Indica el número de componentes a fabricar en un proceso que fabrique por lotes.	La señal kanban genera un orden de fabricar un lote para reponer un consumo (Punto de pedido).
<b>SÍMBOLO</b>	<b>REPRESENTA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
	Lote de tarjetas kanban	Señal kanban: Representa un lote. (Punto de pedido)  Lote de tarjetas: Es una acumulación de tarjetas. (Periodo)
	HEIJUNKA BOX. Representa una nivelación del flujo de materiales.	Pitch = XX (Ej, 30).  La secuenciación está realizada en base a cantidades de trabajo fijas de 30min de duración.  15 uds para un Takt de 2min.
	Acción KAIZEN.	

**Tabla C.2.2.2.1. Simbología Estándar del VSM. Fuente: Value Stream Management**

### Creación del mapa actual:

Todo mapa de cadena de valor debe comenzarse por el lado de las necesidades del cliente.

Para poder abordar cualquier tipo de mejora es necesario tener la especificación precisa del valor de un producto tal y como lo recibe el cliente. De lo contrario se corre el riesgo de mejorar una cadena de valor que en realidad suministra al cliente algo que no había pedido. Por ello es importante comenzar el mapa por las necesidades del cliente.

El siguiente segmento es el de los procesos básicos de producción. Para representar un proceso, usamos la casilla de proceso. Usamos la casilla de proceso para

representar un segmento de flujo de material que sea continuo. La casilla de proceso termina donde los procesos se desconectan y se interrumpe el flujo del material.

En cada proceso deberemos cumplimentar la información siguiente:

- Tiempo de ciclo
- Tiempo de cambio
- Número de trabajadores
- Tiempo de trabajo disponible
- Tiempo de funcionamiento

A medida que se recorre el flujo de material del producto en la fábrica, se irán descubriendo los puntos donde se acumula el inventario.

Es importante dibujar estos puntos en el mapa de estado actual de la cadena de valor, porque indican dónde se detiene el flujo.

Una vez definidos los procesos por los que pasa la familia de piezas seleccionada para el análisis, procedemos a dibujar la expedición de material y la recepción del mismo, señalando los almacenes y la cadencia de expedición y entrada de ellos.

Debemos indicar el modo de transporte en el que estos materiales se transportan. Como normalmente se realizan en transporte por carretera, lo más habitual es utilizar el icono del camión, pero si las materias primas o productos terminados se transportaran de otra forma inventaríamos un icono que representara este modo de transporte (ferrocarril, barco,...).

Una vez representado el mapa de flujos de material se procederá al análisis y representación de los flujos de información.

Para ello se diferenciarán las informaciones que se realicen por vías electrónicas de las que se realicen por papel.

Es posible encontrar situaciones en las que la información se realiza verbalmente, esto es, echando un vistazo al almacén y dando orden de producir determinada cantidad en función de cálculos mentales sobre las existencias.

Se deben conectar los procesos, ya sea mediante pull, push o FIFO, para que se conozca la forma en que el material pasa a través de los procesos.

Con los datos obtenidos de la observación de las operaciones actuales dibujadas en el mapa, se puede sintetizar el estado actual de la cadena de valor.

Se dibuja una línea de tiempos por debajo de las casillas de procesos y de los triángulos de inventario para calcular el plazo de entrega de la producción, que es el tiempo que necesita una pieza para recorrer el taller de un extremo a otro, desde la llegada de la materia prima hasta la expedición del producto al cliente.

En la parte superior queda reflejado el tiempo que el inventario queda retenido en los puntos de acumulación de existencias, calculado en función de las necesidades diarias que el cliente tiene de ese producto.

En la parte inferior se reflejan los tiempos de transformación a los que se somete la pieza, esto es, el tiempo en el que se está agregando valor al producto.

Sumando tanto las partes superiores de la línea de tiempos como las inferiores, obtenemos de forma bastante precisa el tiempo de paso a través de la fábrica, esto es, el tiempo que tarda una pieza en recorrer todos los procesos y salir expedida a cliente. Este indicador se denomina *Dock to Dock* (DtD).

Si se suman únicamente las partes inferiores de la línea de tiempos se obtiene el tiempo que una pieza permanece en actividades que generan valor en la pieza, transformándola.

Si por último comparamos ambos valores suele destacar la diferencia tan grande que hay entre el tiempo que las piezas están en espera de ser procesadas y almacenadas

y el tiempo que las piezas son procesadas, es decir , el tiempo en que las piezas permanecen en actividades de valor añadido.

Esta comparación en tanto por ciento es el indicador que se ha definido como Ratio de Valor Añadido (RVA).

### **Pasos a seguir en el proceso de mapeado:**

#### **1. Seleccionar la cadena de valor a analizar. Establecer objetivos.**

- Producto o familia de productos.
- Establecer tabla de indicadores clave de la cadena de valor.
- Fijar objetivos principales para la cadena de Valor.
- Desde: Proceso proveedor.
- Hasta: Proceso cliente.

#### **2. Representar el proceso cliente y sus requerimientos de flujo de materiales.**

- Demandas medias. Lotes de transferencia.
- Frecuencia de envíos.

#### **3. Representar el proceso básico de producción. Redistribuir el mapa.**

#### **4. Incluir los parámetros básicos de cada proceso.**

#### **5. Representar los puntos de inventario. Unidades y días.**

#### **6. Representar el proceso proveedor y sus parámetros de flujo de materiales.**

- Frecuencia de envíos.
- Lotes de envío.

**7. Enlazar los procesos con los flujos de materiales.**

**8. Completar los datos de proceso que sean necesarios.**

**9. Representar el flujo de información que gestiona el flujo de materiales.**

- ¿Cómo se sabe qué hay que producir, en qué cantidad y cuándo?
- ¿Cómo es la comunicación con el proceso cliente? ¿Y con el proveedor?  
¿Y con el proceso interno?

**10. Revisar todo. Completar los datos que sea necesario. Bajar a planta para aclarar dudas.**

**11. Representar la línea de tiempos.**

**12. Establecer Lead Time y Ratio de Valor Añadido.**

### **Creación del mapa futuro:**

Es fundamental para la consecución de una manufactura Lean eliminar las fuentes de desperdicio. La fuente más importante es la sobreproducción, es decir, producir más, más rápido y más pronto de lo que exige el proceso subsiguiente.

Lo que caracteriza a la manufactura Lean es la conexión de los procesos hacia atrás desde adelante, desde el consumidor final hasta la materia prima, a lo largo de un flujo uniforme y recto que favorezca plazos de entrega más cortos, mejor calidad y costo mínimo. Para ello se pueden asumir una serie de reglas:

**Regla 1: Adaptar el ritmo de producción al takt del cliente.**

El takt es la frecuencia con la que se debe fabricar una pieza o un producto en función del ritmo de ventas, para satisfacer las necesidades de la clientela.

El takt del cliente se calcula como el tiempo de trabajo disponible por turno, dividido por el volumen de la demanda (en unidades) por turno.

Es un número de referencia que da una idea de a qué ritmo debe producir un proceso. Ayuda a evaluar lo que se está haciendo y a determinar lo que se debe mejorar.

**Regla 2: Crear un flujo continuo siempre que sea posible.**

El flujo continuo se refiere a la producción de piezas una por una, pasando cada una de ellas inmediatamente de un paso del proceso al siguiente, sin que se atasquen las piezas entre pasos.

Como esto en muchos casos no es posible de forma inmediata se puede comenzar con un flujo FIFO “first in first out” para la interconexión de procesos,

**Regla 3: Utilizar supermercados para controlar la producción cuando el flujo no se prolongue hacia atrás**

Suele haber puntos en la cadena de valor donde se necesita producir por lotes, en lugar de prolongar el flujo continuo. Hay que resistir la tentación de programar estos procesos por medio de una función independiente, puesto que la programación sirve solamente para estimar lo que va a necesitar el proceso siguiente.

Para ello es posible controlar la producción encadenando los procesos a los clientes del proceso, mediante un sistema de supermercados, regulado por tarjetas Kanban.

**Regla 4: Tratar de insertar la programación del cliente en un solo proceso de producción**

Cuando se recurre al flujo de material por supermercados, se programará la producción en un solo punto de la cadena de valor dentro de la fábrica.



Este punto se llama proceso marcapaso, porque marcará el ritmo de todo el proceso anterior, controlando la producción.

La transferencia de material hacia adelante del proceso marcapaso a los productos terminados deben hacerse en flujo continuo, por ello el proceso marcapaso suele ser el proceso de flujo continuo que está más atrás de la cadena de valor.

En el mapa de estado futuro el proceso marcapaso será el que reacciona directamente a las órdenes externas de los clientes.

### **Regla 5: Nivelar la combinación de la producción**

Para la mayoría de los talleres de montaje sería más fácil la planificación por largos periodos de tiempo de un mismo producto, para evitar cambios, pero esto supondría graves problemas para el resto de la cadena de valor.

Agrupar los mismos productos y fabricarlos al mismo tiempo hace difícil atender a los clientes que desean un artículo que no sea del lote que se está produciendo en ese momento.

El montaje por grandes lotes también significa que los componentes fabricados se consumirán por lotes grandes, lo cual infla los inventarios en los supermercados intercalados en la cadena de valor.

La nivelación de la combinación de productos implica distribuir la fabricación de distintos productos uniformemente a lo largo de un periodo.

Por ejemplo, en vez de ensamblar los productos “A” durante un turno completo, y los de tipo “B” en el turno siguiente, se nivelarán alternando repetidamente lotes pequeños del tipo “A” y lotes pequeños del tipo “B”.

A medida que se nivele la combinación de productos en el proceso marcapaso, se reducirá el plazo de entrega, a la vez se conseguirá tener inventarios con pocos productos terminados almacenados.

Esto permitirá también la posterior reducción de las cantidades almacenadas en los supermercados intermedios.

Pero se debe tener en cuenta que la nivelación de la producción complica el trabajo de montaje, multiplicando los cambios entre productos y obligándolo a adoptar medidas para conservar, en lo posible, una reserva permanente de todas las variaciones de componentes en un lugar cercano a la cadena. La recompensa es la eliminación de buena parte del desperdicio en la cadena de valor.

### **Regla 6: Nivelar el volumen de producción**

La forma de comenzar con una nivelación del volumen de producción podría hacerse dando órdenes de fabricación al proceso marcapasos muy frecuentemente (cada 45 ó 60 minutos).

De la misma forma, con la misma frecuencia con que se dan las órdenes al proceso marcapaso, se retirará el mismo volumen de productos terminados. Esta práctica se llama “retiro a ritmo”.

Se llama paso de producción (o pitch) al aumento uniforme de trabajo con el cual se controla la producción.

Para calcular el paso de producción se multiplica el ciclo de producción hasta que alcance la cantidad de productos terminados que se van a transferir al proceso marcapaso. Esta cantidad se convierte en la unidad básica de su programa de producción para una familia de productos dada.

Hay muchas formas de retirar pequeñas cantidades regulares de trabajo. Una herramienta muy usada es la caja de nivelación o Heijunka. Esta caja nivela de forma conjunta la combinación y el volumen de producción.

La caja tiene una columna de casillas para tarjetas Kanban para cada intervalo de paso de producción, y la hilera de casillas Kanban para cada tipo de producto.

Las tarjetas Kanban se colocan en la secuencia deseada para la combinación y el tipo de producto.

El manipulador de este dispositivo retirará estas tarjetas y las llevará al proceso marcapaso, una por una, con cada paso de producción.

A partir de estas reglas cada empresa deberá realizar su propio análisis y definir sus objetivos a alcanzar. El diseño del estado futuro será particular de cada empresa y dependerá del grado Lean que se quiera alcanzar y de los medios de que disponga para su consecución.

### **2.2.3. Instaurar un Sistema en Flujo Continuo.**

#### **Definición y comparación con el flujo por lote:**

La actuación más efectiva de cara a reducir “desperdicios” en una cadena de valor es la creación de flujos continuos. Se entiende por flujo continuo la integración de procesos de acuerdo a la secuencia de fabricación de manera que los productos avanzan en lotes de transferencia unitarios (aunque el lote de fabricación sea de 1000 piezas). Por el contrario, en un flujo intermitente, los procesos están aislados y la conexión entre los mismos se realiza por medio del transporte de materiales en lotes de transferencia de varias unidades.

El siguiente concepto que utiliza el lean en la creación de un flujo continuo es el Takt-time. La idea es que si todos los procesos (establecidos en flujo continuo o trabajando de forma aislada) se diseñan para trabajar al mismo ritmo que la demanda, se conseguirá que el material avance al mismo ritmo a lo largo de toda la cadena de valor y por lo tanto la acumulación de material será menor. Esto es lo que se conoce como “Sincronización”.

#### **Beneficios esperados del flujo continuo:**

- El flujo pieza a pieza elimina tiempos sin Valor añadido
- El flujo pieza a pieza reduce la necesidad de espacio
- El flujo pieza a pieza limita el stock en curso
- El control del stock en curso reduce la dispersión al sistema de producción y controla el Lead time.

A continuación se detallan las herramientas para poder lograr introducir flujo continuo en el sistema productivo:

### 2.2.3.1. 5S'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, seleccionar 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 reduce”

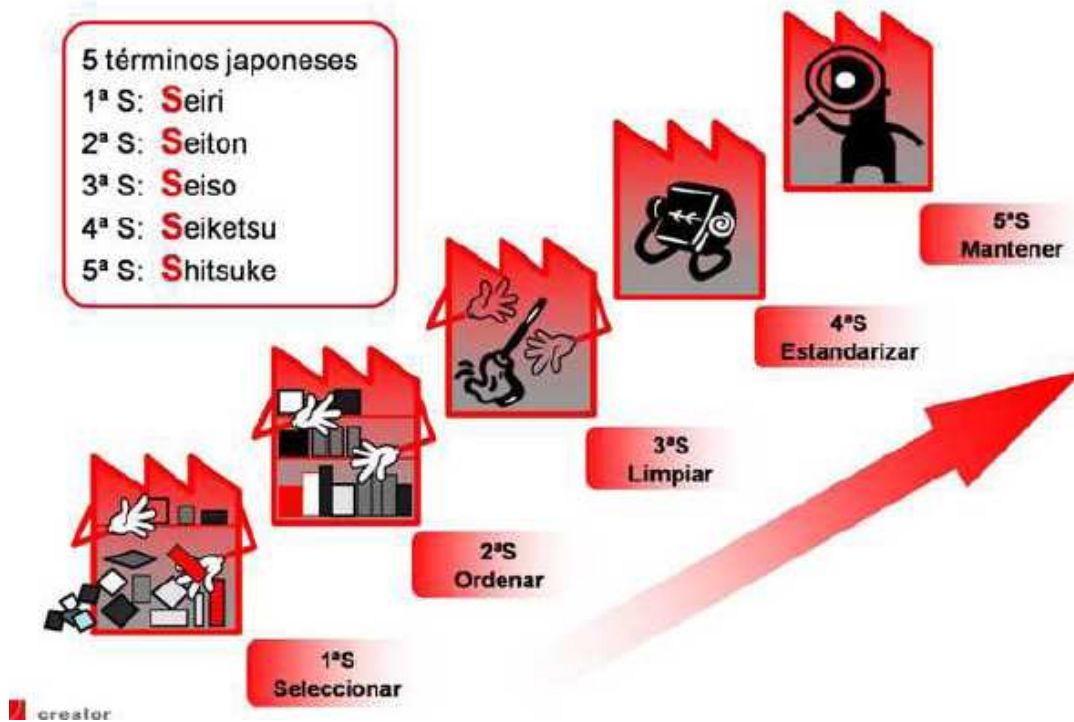


Figura C.2.2.3.1.1. Las 5s

### **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 estrategia 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 marcar en el área o puesto 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 el llamado "etiquetado en rojo". Se coloca una tarjeta roja (de expulsión) a cada artículo que se considera no necesario para la operación. Posteriormente, se llevan estos artículos a un área de almacenamiento transitorio. Más tarde, si se confirma 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 la planta 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 puesto de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven
- Diferenciar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario
- Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo

- Separar 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 ubicaciones 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 empaquetamiento, etiquetas, envases plásticos, cajas de cartón y otros



- Facilitar control visual de las materias primas que se van agotando y que se requieren para el proceso en un turno, etc.
- Preparar el 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: pintar el suelo delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones, tablas con siluetas, así como estanterías modulares y/o gabinetes para tener en su lugar cosas como botes de basura, escobas, trapos, cubetas, 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 del día a día facilitando su acceso y retorno al lugar
- Disponer de un sitio identificado 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, dando una imagen de 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 lugares de la planta y a la utilización de protecciones transparentes

### **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 fuga (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. Sólo 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 los demás, mejor calidad de vida laboral, además de:

- 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 la disciplina:**

- 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

Según Masaaki Imai (creador de la filosofía Kaizen), los 3 pilares de la mejora continua o Kaizen son:

1. La estandarización.
2. Las 5S's.

3. La eliminación de la muda o desperdicio.

Define Kaizen como el camino a la mejora de bajo coste.

1. Seiri: Organización. Distinguir entre lo necesario e innecesario.
2. Seiton: Orden. Ordenar todos los elementos que han quedado después de eliminar lo innecesario.
3. Seiso: Limpieza. Mantener las máquinas y el puesto limpio.
4. Seiketsu: Estandarización. Mantener las tres primeras S's.
5. Shitsuke: Disciplina. Construir la autodisciplina por medio del mantenimiento de los estándares.

La visión Americana es:

1. Sort: Organización. Separar lo innecesario y eliminarlo.
2. Straighten: Orden. Poner lo necesario en orden para facilitar su localización y acceso.
3. Scrub: Limpieza. Limpiar todo (herramientas y puesto) eliminando las fuentes de contaminación.
4. Systematize: Sistematizar. Rutinas de limpieza e inspección.
5. Standardize: Estandarizar. Hacer estándares que mantengan las 4S's anteriores. Esta fase nunca finaliza.

Otro punto de vista son las 5C's:

1. Clear out: Eliminar innecesarios.
2. Configure: Establecer un lugar de trabajo seguro y ordenado.
3. Clean and check: Puesta a cero de las máquinas. Limpiar para inspeccionar. Inspeccionar para corregir.
4. Conform: Establecer estándares de limpieza y mantenimiento, formar y mantener.
5. Custom and practice: Desarrollar el hábito del mantenimiento rutinario y la mejora continua.



Con la implantación de las 5S también se consigue cumplir el Real Decreto 486/1997, del 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas de Seguridad Y Salud [0] en los Lugares de Trabajo.

*[0] Véase ANEXO 7. REAL DECRETO 486/1997*

### **2.2.3.2. TPM (Total Productive Maintenance)**

**Nota:** *A partir de este punto, algunas de las técnicas Lean más importantes, comenzando por el TPM, se explicarán en Anexos, con el fin de no hacer el proyecto excesivamente largo.*

El Mantenimiento Productivo Total [1] es más que un sistema o programa de mantenimiento. Es un compromiso de parte de todos los integrantes en la empresa por involucrarse en el mantenimiento y mejora de los equipos.

La palabra “total” en Mantenimiento Productivo Total tiene tres significados relacionados con tres importantes características del TPM:

- Eficacia total: la búsqueda de eficacia económica o rentabilidad.
- Mantenimiento preventivo total: mejorar la facilidad del mantenimiento y el mantenimiento preventivo.
- Participación total: el mantenimiento autónomo por parte de los operarios o de pequeños grupos en cada departamento y a cada nivel.

Así como el TQM (Total Quality Management) se esfuerza por conseguir cero defectos, TPM se esfuerza por lograr cero fallos y detenciones en los equipos. Esto se intenta lograr con técnicas de Mantenimiento Preventivo y mediante una mayor participación de los operarios.

[1] *Véase ANEXO 8. TPM (Total Productive Maintenance)*

### 2.2.3.3. Trabajar al ritmo del Takt Time (TT)

Takt-time: *El ritmo de la demanda*. El concepto del TT pretende que todos los procesos funcionen al mismo ritmo y que este ritmo sea coincidente con el ritmo de expedición (Sincronizar).

Para calcular el takt-time es necesario establecer el tiempo total disponible que equivale al nº de turnos x horas por turno y restando las paradas programadas. En ningún caso hay que restar tiempos de cambio, averías,...

No hay que confundir el takt-time con el tiempo de ciclo:

- Takt Time (TT): ¿Cada cuánto necesitan los clientes un producto?
- Tiempo de Ciclo (C/T): ¿Cada cuánto se fabrica un producto?

El tiempo de ciclo siempre será igual o inferior al takt-time. Es inferior para poder absorber tiempos de cambio, averías, sobrecapacidad, etc. Cuanto mas lejano esté el C/T del TT, mayores serán las ineficiencias del sistema productivo.

#### **2.2.3.4. OPF (One Piece Flow). Flujo pieza a pieza (Fabricación celular)**

A la hora de diseñar el nuevo lay-out, hay que olvidarse del número de piezas que se transferirán entre procesos y el número de personas asignadas a la célula.

Hay que diseñar el lay-out como si fuese para que una única persona fabrique una única pieza desde el inicio hasta el final. De esta forma se empieza por optimizar los desplazamientos y se prescinde de zonas para acumular material. Según se avance en el diseño de la célula es posible que sea necesario ajustar el diseño inicial, pero se parte del óptimo.

##### **Reglas para diseñar el lay-out:**

- Priorizar la seguridad y la ergonomía.
- Aproximar los puestos y las máquinas para minimizar los desplazamientos.
- Eliminar obstáculos del recorrido del operario.
- Reducir el entorno de trabajo del operario para permitir la asignación de distintas tareas a distintos operarios (Célula en U).
- Eliminar espacios en donde se pueda acumular el exceso de inventario.
- Establecer alturas de trabajo adecuadas (Mesas, máquinas, puntos de carga y descarga...).
- Establecer el punto de entrada y de salida de la célula lo más cerca posible.
- Reducir el desplazamiento de retorno para iniciar un nuevo ciclo.

- Permitir asignar al mismo operario el proceso inicial y final de manera que pueda controlar en todo momento el funcionamiento de la célula.
- Evitar cargas y descargas de máquinas en sentido “de arriba abajo” o de “delante hacia atrás”.
- Hay que procurar dejar libres los laterales de las máquinas para establecer la transferencia entre puestos en el tramo mas corto.
- Utilizar la gravedad para la carga y descarga de materiales.
- Diseñar las instalaciones energéticas (aire, electricidad...) con elementos modulares situados sobre la célula para permitir futuras modificaciones y evitar la interferencia con el trabajo de la célula.
- Establecer la posición de las herramientas lo más cerca posible de su punto de uso e incorporar elementos como tensores para asegurar el retorno a su posición original una vez utilizadas.
- Retirar del entorno de trabajo manual las máquinas automáticas o en flujo continuo. Lo único que tiene que quedar dentro del entorno de trabajo son las entradas y salidas manuales.

**Reglas para la gestión de materiales en la célula:**

- Ubicar los materiales lo más cerca posible del punto de utilización pero sin obstaculizar el trabajo.
- Colocar el material de manera que el operario pueda utilizar las dos manos simultáneamente.
- Considerar posiciones de espera para anticipar el suministro de materiales a la célula para no retrasar las operaciones de preparación:

- Cuando en una célula se utilicen componentes diferentes en función del producto a fabricar, es especialmente importante la adopción de sistemas que eviten la posibilidad de error.
- Optar por proveedores (milkrun) para realizar las tareas de aprovisionamiento. Las personas de la célula se tienen que dedicar a aportar valor.
- Reducir al mínimo las horas de material disponible en la célula.
- Utilizar sistemas pull para gestionar la producción y el aprovisionamiento de la célula.
- Diseñar los contenedores (monoreferencia o multireferencia) pensando en facilitar la labor de los operarios de la célula.
- No interrumpir el trabajo de la célula por el proceso de aprovisionamiento o retirada de contenedores.

### **2.2.3.5. SMED (Single Minute Exchange of Die)**

El SMED [2] es una técnica empleada para reducir el tiempo de máquina parada en las preparaciones. Fue desarrollada por el ingeniero Japonés Sigeo Shingo en los años 70. Establece una forma de analizar las preparaciones diferenciando entre operaciones internas (hay que realizarlas con la máquina parada) y externas (se pueden realizar antes y después de la parada).

[2] *Véase ANEXO 9. SMED (Single Minute Exchange of Die)*

### **2.2.3.6. Trabajo estandarizado (SOP)**

El trabajo estandarizado es un sistema de gestión para las células de fabricación. Es la clave para la productividad de la cadena de valor.

Hay tres elementos clave en el trabajo estandarizado:

- Takt-time: Es el “ritmo” de la célula.
- Secuencia de trabajo: ¿Quién hace qué? (Una secuencia para cada persona).
- WIP (Work In Process) estándar: ¿Cuál es el mínimo WIP requerido y dónde está?

El trabajo estandarizado tiene un sistema de documentación estandarizado. Tiene que ser simple, tiene que actualizarse según se introduzcan mejoras y tiene que mantenerse su cumplimiento para eliminar la variabilidad.

Utilizando el sistema de trabajo estandarizado, los responsables de las células pueden gestionar visualmente la célula. Empieza definiendo el número de personas adecuado en la célula de acuerdo al takt-time del periodo.

Hay tres herramientas visuales que facilitan la visualización de los problemas para poder resolverlos:

- Paneles de control de la producción: Producción horaria con registro de las incidencias que han originado el incumplimiento del plan.
- Niveles estándares de WIP: ¿Dónde están el WIP, dónde debería de estar, por qué no está en su sitio? Desequilibrios, averías...
- Paneles de estándares: Documentación de los estándares



### **Beneficios de la estandarización:**

- Mejora la seguridad del operario y la eficiencia en el trabajo, estudiando con detalle los movimientos humanos.
- Asegura la calidad de los productos
- Ayuda a tener un mismo criterio entre turnos y compartir las mejoras en otras áreas
- Provee al operario la oportunidad de definir y mejorar su trabajo
- Es la base para el entrenamiento
- Controla la variabilidad
- Asegura compartir las mejoras en otras áreas

### **2.2.3.7. Gestión visual**

El concepto de “Fábrica Visual” refleja la transmisión del desarrollo progresivo de la mejora continua de la empresa a todos sus integrantes, además de servir como medio de comunicación que posibilite una mejora de las prácticas.

Con éste nuevo modelo de organización, se consigue que todos los detalles sean evidentes, de manera que cualquier error se hace perfectamente visible y permite detectar los problemas en su fase inicial. Se obtiene información del proceso en tiempo real y permite la realimentación on-line del sistema.

Un buen indicativo de la “Fábrica Visual” es el que transmite al instante su estado y progresión a un hipotético visitante que, de otra manera, tendría que examinar la documentación de oficina para conseguir la misma información

#### **¿Cuáles deben ser las características de los sistemas de gestión visual?**

- **SIMPLICIDAD:** No sacrificar la facilidad de uso por la funcionalidad del sistema.
- **APOYO:** Hay que proporcionar el control sobre el sistema al usuario y suministrarle asistencia para facilitar la realización de las tareas.
- **FAMILIARIDAD:** Construir el producto según el conocimiento previo del usuario, lo que le permitirá progresar rápidamente.
- **EVIDENCIA:** Hacer los objetos y sus controles visibles e intuitivos. Emplear siempre que se pueda representaciones del mundo real en la interfaz.
- **ESTÍMULO:** Hacer las acciones previsible y reversibles. Las acciones de los usuarios deberían producir los resultados que ellos esperan.
- **SATISFACCIÓN:** Crear una sensación de progreso y logro en el usuario.

- **DISPONIBILIDAD:** Hacer todos los objetos disponibles de forma que el usuario pueda usar todos sus objetos en cualquier secuencia y en cualquier momento.
- **SEGURIDAD:** Evitarle errores al usuario proporcionándole diferentes tipos de ayuda bien de forma automática o bien a petición del propio usuario.
- **VERSATILIDAD:** Soportar diversas técnicas de interacción, de forma que el usuario pueda seleccionar el método de interacción más apropiado para su situación.
- **PERSONALIZACIÓN:** Permitir a los usuarios adaptar la interfaz a sus necesidades.
- **AFINIDAD:** Permitir, con un buen diseño visual, que los objetos sean afines a otros de la realidad cotidiana.

### **¿Para qué sirve la gestión visual?**

1. Indicar al operario sus objetivos de producción en cada momento, teniendo en cuenta lo producido en el pasado y la capacidad futura.

2. La comunicación visual, al contrario que un traspaso de información individualizado, es común a un grupo de personas con las ventajas (sinergia del procesado común de la información) e inconvenientes que ello implica (posibles repercusiones negativas que puede generar la puesta en común de un conocimiento en concreto → precaución):

3. La transmisión de información de forma visual conlleva una autogestión implícita que puede variar positivamente la actitud de las personas con respecto a sus responsabilidades:

#### 4. Indicadores de producción:

- i. Indicadores de RESULTADOS: nº de referencias producidas, ventas,...→ CONTROL
- ii. Indicadores de PROCESO: % de retrabajo, nivel de calidad de los materiales utilizados, WIP,... → AUTOCONTROL. La gestión visual se decanta por este segundo tipo de indicadores

#### 5. Fomento del trabajo en equipo:

#### 6. Impulso a la estandarización:

- i. Una terminología común: Permite a los diseñadores discutir con los mismos conceptos y hacer valoraciones comparativas
- ii. El mantenimiento y la evolución: Todos los sistemas tienen la misma estructura y el mismo estilo
- iii. Una identidad común: Lo que hace que todos los sistemas sean fáciles de reconocer
- iv. Reducción en la formación: Los conocimientos son más fáciles de transmitir de un sistema a otro
- v. Salud y seguridad: Si los sistemas han pasado controles de estándares es difícil que tengan comportamientos inesperados

7. La consecución de la “Fabrica visual” es un paso hacia la implantación de la filosofía Lean y la aplicación de técnicas como el Kanban o la Autonomatización.

### **2.2.3.8. Equipos autónomos**

La organización de la producción mediante equipos autónomos, o equipos autogestionados es un sistema de gestión avanzado para la mejora continua de la actividad diaria (mantener y mejorar) que aplica los principios de calidad total (TQM) y pretende acercar la unidad de referencia organizativa a la persona.

La producción se estructura en equipos con actividades homogéneas en las que existe una gran autonomía para la gestión y la mejora en el trabajo, haciendo a cada persona “gerente” de su puesto de trabajo. Lo que se pretende es definir un marco para que las personas, a través de equipos con dimensión “humana”, se comprometan con un proceso completo de trabajo y se sientan protagonistas de sus éxitos y fracasos.

La organización de la producción en equipos autónomos consiste en transferir el máximo de responsabilidades a los trabajadores, que son quienes añaden valor al producto en las actividades productivas, desarrollando el concepto de autogestión para que cada persona pueda aportar todas sus capacidades y sea autosuficiente en su puesto, aprovechando su conocimiento y experiencia acumulada, incorporando mecanismos para detectar de forma rápida los defectos y herramientas para analizar la causa última del problema y tomar las acciones adecuadas.

Es importante destacar que la autonomía del equipo no se extiende a la toma de decisiones sobre los objetivos o la evaluación del rendimiento, que vienen direccionadas por otras áreas de la empresa aunque internamente debe existir cierta autoevaluación de los resultados obtenidos.

Características de una organización con equipos autónomos:

- El equipo es la unidad elemental de gestión.
- Un grupo de trabajadores asume la responsabilidad de la gestión de un área de trabajo con un significado propio y de su mejora.

- Recibe sentido desde el cliente o, en su caso, desde la unidad de generación de valor.
- Intenso contacto entre sus miembros: contacto visual, comunicación cara a cara siempre que sea posible.
- Interrelacionados con otros equipos, con quienes comparten objetivos (objetivos comunes) de cara a los clientes.
- Tienen un líder, que emerge de manera natural o es designado por la organización, común a todos los miembros del grupo, que participa en los trabajos del grupo como un miembro más del mismo.
- Necesitan un área/proceso/producto capaz de generar significado propio, diferenciador.
- Tienen los mismos clientes y proveedores. Mejor si están directamente conectados con clientes externos. Si no, aclarar quiénes son sus clientes internos.
- Óptimos:
  - o Dimensión humana: 5-8 personas.
  - o Estabilidad de los miembros del equipo.
  - o Complejidad que reta la capacidad de las personas.
  - o Donde la persona influye en el resultado.
- Deben negociar sus relaciones (bajo un prisma común) con el resto de áreas que les dan apoyo.
- Seguimiento del programa, participando (en la medida que sea posible) en su entrega.
- Cambios de serie dentro del programa.

- Gestión de los materiales en el área de trabajo, tanto los consumibles como repuestos, incluyendo útiles y herramientas.
- Autocontrol de la calidad y análisis y resolución de problemas.
- Mantenimiento de primer nivel.
- 5S al completo y TPM.
- Gestión de la información: recogida de datos y análisis para la mejora continua y el sistema de respuesta rápida.

### **2.2.3.9.- Jidoka, o automatización**

La palabra "Jidoka" [3] 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.

[3] *Véase ANEXO 10. JIDOKA, O AUTONOMATIZACIÓN*



### **2.2.3.10.- Poka-yoke**

El término "Poka Yoke" [4] viene de las palabras japonesas "poka" (error inadvertido) y "yoke" (prevenir). Un dispositivo Poka Yoke es cualquier mecanismo que ayude a prevenir los errores antes de que sucedan, o hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y los corrija a tiempo. La finalidad del Poka Yoke es eliminar los defectos en un producto previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

**[4] Véase ANEXO 11. POKA-YOKE**

## 2.2.4. Flujo Tenso

A la hora de organizar la cadena de valor, la prioridad es establecer flujos continuos (pieza a pieza) en todos los puntos en los que sea posible. Sin embargo, hay situaciones que imposibilitan el establecimiento de un flujo continuo:

- Procesos que trabajan por lotes: Hornos, baños...
- Procesos con diferencias importantes en tiempos de ciclo o tiempos de preparación
- Procesos con ineficiencias en averías o defectos.
- Procesos no dedicados que sirven a distintas líneas de productos.
- Procesos alejados en los que es necesario acumular un lote de transferencia lo suficientemente grande como para optimizar el transporte.

En estos casos hay que adoptar distintos sistemas logísticos que tienen como objetivo controlar el nivel máximo de stock en curso (lead time) y generar señales de producción en función de los consumos reales en los siguientes procesos (Pull): Supermercados, líneas FIFO o CONWIP.

Hay varios conceptos alrededor de lo que se conoce como “Estrategia de producción y gestión de materiales” que es importante tener claros. Un aspecto a tener en cuenta es la forma en la que se planifica la producción:

- En función de los pedidos recibidos y conocidos. **CONTRA PEDIDO.**
- En función de las previsiones realizadas sobre las ventas futuras. **CONTRA PREVISIÓN.**

- En función de los consumos registrados en un stock. CONTRA DEMANDA.

Por último, hay una serie de parámetros o elementos que condicionan la estrategia de producción y la forma en la que se planifica:

- Plazo de entrega comprometido con los clientes.
- Lead time del proceso.
- Estructura de componentes: Modularidad y comunalidad,

### **Comparación sistema PUSH y PULL:**

#### **Sistemas Push.**

Lanzamientos programados de trabajos basados en previsiones de la demanda. En los sistemas Push, un proceso fabrica independientemente de las necesidades que tenga el proceso siguiente.

Sistemas ligados a la utilización de MRP:

- Sobre la base de previsiones se realiza un plan de fabricación de productos finales: Plan Maestro (MPS).
- A partir de la estructura de productos, los plazos de compras y producción y la disponibilidad de recursos se explota el MPS para planificar los órdenes de aprovisionamiento y producción de componentes y productos finales. MRP (Materials Requirement Planning).

Reglas de la previsión de la demanda:

- Las previsiones siempre son erróneas.
- Las previsiones hay que revisarlas continuamente y cambiarlas.
- Cuanto mas lejano sea el horizonte de previsión menor será la fiabilidad del plan maestro.

### **Sistemas Pull.**

La producción se realiza sobre la base de autorizaciones por medio de señales que se generan con el consumo real.

A corto plazo, no se realiza previsiones de la demanda. Se fabrica según la demanda real. Sí se utilizan las previsiones de la demanda y la cartera de pedidos para establecer la capacidad de la planta y dimensionar parámetros logísticos (takt-time, número de tarjetas Kanban,...).

En un sistema productivo poco flexible, con producción en lotes altos y capacidad productiva constante, la única forma de responder a la demanda es con niveles altos de stock de seguridad y puntos de pedido altos.

Requerimientos para establecer un sistema Pull en entornos de demanda variable:

- Sistema productivo flexible para poder realizar lotes pequeños y conseguir una rápida adaptación a cambios en la demanda.
- Capacidad productiva flexible para poder adaptarse a variaciones en la carga de trabajo.

### **Ventajas de los sistemas Pull:**

- Únicamente se fabrica lo que se necesita

- Planificación automática
- Sincroniza el trabajo a lo largo de la cadena de valor
- Controla el WIP: Límite máximo.
- Controla el LT: Menor dispersión.
- Rápida respuesta a cambios en la demanda.

**Necesita:**

- Mejora de la calidad. Calidad en el origen.
- Reducción de tiempos de cambio
- Mantenimiento proactivo de los equipos.
- Flujo pieza a pieza

**Control del flujo de materiales con sistemas Pull:**

En el proceso de transformación de una cadena de valor, hay que procurar siempre que se pueda crear flujos continuos o pieza a pieza. Sin embargo, hay situaciones que impiden establecer un flujo pieza a pieza:

- Procesos que trabajan por lotes (Hornos, Baños...).
- Conexión entre procesos con diferencias importantes en tiempos de ciclo en los que no es posible alcanzar un equilibrado.
- Procesos no dedicados que sirven a distintas líneas de productos.

- Procesos que por la distancia es necesario crear un lote de transferencia suficientemente grande como para realizar el transporte.
- A la salida de procesos que no se pueden establecer con otros procesos en flujo continuo por problemas de pérdidas de disponibilidad (averías, tiempos de cambio altos, microparos, defectivo...)

En estos casos hay que establecer puntos de almacenaje que permitan controlar el flujo limitando el stock acumulado y generando señales pull para gestionar el flujo de materiales:

- Supermercados.
- Líneas FIFO.
- ConWip.

Las células necesitan información. La información más importante que necesitan las células es conocer qué tienen que hacer en el siguiente periodo. Los sistemas Pull son una alternativa simple que ayuda a las células a servir a sus clientes mientras se elimina la necesidad de disponer de sistemas de información complejos y caros. Los sistemas Pull se sitúan entre la célula y sus clientes y sirven para activar el trabajo que hay que hacer en la célula.

Los sistemas Pull son una de las claves del Just-in-time: Producir lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad que se necesita. Los sistemas Pull existen porque no es posible establecer un flujo continuo a lo largo de toda la cadena de valor. Los sistemas Pull enlazan células o procesos por medio de señales generadas en función de un consumo registrado (o un pedido firme).

Todos los sistemas Pull tienen tres elementos:

1. LOS PRODUCTOS DE LOS PROCESOS ANTERIORES ESTÁN LISTOS:

Los procesos aguas arriba han completado los productos que son necesarios en la célula. Estos productos se almacenan dónde se han fabricado y se cogen (pull) cuando se necesitan.

2. PRODUCTOS UTILIZÁNDOSE EN EL PROCESO: Son los productos retirados de los procesos anteriores y que están en proceso en la célula.

3. DISPARADOR O SEÑAL: Las señales informan de que es lo que hay que fabricar, cuándo hacerlo, dónde hay que coger los materiales, dónde hay que dejar los productos y cuantos productos son necesarios.

4. Puede ser algo tan sencillo como un contenedor vacío con una etiqueta ocupando un espacio marcado en el suelo:

- Espacio marcado en el suelo: Indica que es un contenedor a llenar de productos. (Autoriza la fabricación de los productos por estar en esa zona).
- Etiqueta: Indica qué productos y en qué cantidad.

Herramientas necesarias para establecer Flujo Tenso:

### **2.2.4.1. Kanban**

El sistema Kanban, es un sistema de información para controlar de armónico las cantidades producidas en cada proceso. Es una de las herramientas empleadas en la gestión de una producción “Lean”.

Kanban es una herramienta basada en la manera de funcionar de los supermercados. La tarjeta Kanban contiene información que sirve como orden de trabajo, ésta es su función principal, en otras palabras, es un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de qué se va a producir, en que cantidad, mediante que medios, y como transportarlo. Se trata normalmente de una tarjeta en una funda de plástico, o de una tarjeta plastificada.

A cada tipo de pieza le corresponde un contenedor vacío y una tarjeta, en la que se especifica la referencia (máquina, descripción de pieza, etcétera), así como la cantidad de piezas que ha de esperar cada contenedor para ser llenado antes de ser trasladado a otra estación de trabajo. Como regla, todos y cada uno de los procesos deberán ir acompañados de su tarjeta Kanban.

El sistema Kanban funciona bajo ciertos principios, que son los que a continuación se enumeran:

1. Eliminación de desperdicios.
2. Mejora continua
3. Participación plena del personal
4. Flexibilidad de la mano de obra.
5. Organización y visibilidad

Este sistema tiene el beneficio añadido de simplificar la burocracia, ya que, cuando la producción se ejecuta pasando instrucciones a cada proceso, algunos de estos pueden retrasarse, o la producción especulativa puede generar inventarios innecesarios. El sistema Kanban previene este despilfarro.



El sistema de producción intenta minimizar los inventarios de trabajos en proceso, así como los stocks de productos acabados. Por esta razón, requiere una producción en pequeños lotes, con numerosas entregas y transportes frecuentes.

No se utilizan las tarjetas de instrucción de trabajo y transferencia de los procesos convencionales de control. En vez de ello, los tiempos y los lugares de las entregas se especifican en detalle. El sistema se establece como sigue:

- Las entregas se realizan varias veces al día.
- Los puntos de entrega física se especifican en detalle para evitar colocar piezas en almacén y tener después que retirarlas para transferirlas a la línea.
- El espacio disponible para la colocación de piezas se limita para hacer imposible acumular excesos de stocks.

El movimiento de los Kanban regula el movimiento de los productos. Al mismo tiempo, el número de Kanban restringe el número de productos en circulación. El Kanban debe moverse siempre con los productos. El Kanban se utiliza como herramienta para la optimización de la productividad.

### **Funciones del Kanban:**

Las funciones que el Kanban debe cumplir son las siguientes:

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

La tarjeta Kanban siempre debe acompañar al material para que se puedan lograr también los siguientes puntos:

- Eliminar la sobreproducción.
- Establecer una prioridad en la producción, para que el Kanban con más importancia se anteponga a los demás.
- Facilitar el control del material.

### **Reglas del Kanban:**

Regla 1: El proceso posterior recogerá del anterior los productos necesarios en las cantidades precisas del lugar y momento oportuno.

Regla 2: El proceso precedente deberá fabricar sus productos en las cantidades recogidas por el proceso siguiente.

Regla 3: Los productos defectuosos nunca deben pasar al procedimiento siguiente.

Regla 4: El número de Kanban debe minimizarse.

Regla 5: El Kanban habrá de utilizarse para lograr la adaptación a pequeñas fluctuaciones de la demanda (Ajuste de la producción mediante Kanban).

Regla 6: Kanban es un medio para evitar especulaciones.

### **Tipos de tarjetas Kanban:**

En forma general, se acepta por lo menos 3 tipos de Kanban, que varían de acuerdo a su necesidad, y que se han denominado como sigue:

- Kanban de Producción.
- Kanban de Transporte de material.
- Kanban de proveedor.

### **Información necesaria en una etiqueta Kanban:**

La información en la etiqueta Kanban debe ser tal, que satisfaga tanto las necesidades de manufactura como las del proveedor del material.

La información necesaria en una etiqueta Kanban es la siguiente:

- Número de referencia del componente y su descripción
- Nombre del producto completo
- Cantidad requerida
- Tipo de manejo del material requerido
- Donde debe ser almacenado cuando sea terminado
- Secuencia de ensamblaje/producción del producto

Los Kanban son tarjetas que indican u ordenan, que se vuelva a servir un nuevo pedido. Éstas describen su origen, destino, cantidad e identidad de los productos a servir. Por lo que cada componente deberá estar bien definido o clasificado por una referencia, que podrá estar compuesta por números o letras, o una combinación de estos.

### **Limitaciones del Kanban:**

El Kanban es factible en prácticamente toda fábrica que haga artículos por unidades completas, pero no en las industrias de proceso. Sólo rinde beneficios en ciertas circunstancias:

- El Kanban debe ser una herramienta dentro de un sistema JIT
- Las partes incluidas en el sistema Kanban deben ser usadas cada día.
- Las unidades muy costosas o muy grandes no se deben incluir en el Kanban Su almacenamiento y manejo son costosos. Por lo tanto, su solicitud y entrega deben ser reguladas con precisión bajo la vigilancia de un planificador o agentes de compras.

## **2.2.4.2. “Supermercados”, FIFO, CONWIP, POLCA, Bola de golf**

### **Supermercados.**

Los Supermercados [5] son almacenes con ubicaciones predefinidas por cada referencia en los que hay un tope máximo de stock por referencia (estándar de stock). Dado que nunca se rebasa dicho tope, los Supermercados sirven para controlar el stock en curso y por derivación el lead time.

### **Líneas FIFO.**

Las líneas FIFO [5] son zonas de acumulación de stock que enlazan dos procesos que no puedan establecerse en flujo continuo.

### **ConWIP. Constant Work in Process.**

Las líneas FIFO controlan el stock en curso entre dos procesos consecutivos. ¿Pero que ocurre si se quiere controlar el stock en curso acumulado en una zona de la cadena de valor con distintos procesos y rutas?

La solución es lo que se conoce como ConWIP [5] o stock en curso constantes. En el ConWIP se establecen dos puntos de control dentro de la cadena de valor.

### **POLCA (Paired Overlapping Loops of Cards with Authorization)**

En el POLCA [5] el reaprovisionamiento está basado en la capacidad disponible por el proceso cliente.

### **BOLA DE GOLF**

La Bola de Golf [5] se utiliza para sincronizar una línea principal multiproducto con las líneas auxiliares que la abastecen, generalmente a través de la creación de kits.

[5] Véase ANEXO 12. “Supermercados”, FIFO, CONWIP, POLCA, Bola de golf

### 2.2.4.3. Nivelado – Heijunka

La adopción de sistemas Pull con Supermercados o líneas FIFO sirve para gestionar de forma automática el flujo de materiales en función del consumo registrado o los pedidos firmes.

Se define como proceso “MARCAPASOS” o “LÍNEA PRINCIPAL” al proceso situado al final de la cadena de valor y que está establecido en flujo continuo (o con sistemas de línea FIFO o Conwip) hasta el almacén de producto terminado o la expedición.

Este proceso es el que recibe los pedidos a servir o el consumo del almacén final. A partir de lo que produzca este proceso, se autoplanifica toda la cadena de valor.

A la hora de programar la fabricación, más allá de atender las necesidades netas de producción, hay que procurar nivelar el flujo de materiales evitando en la medida de lo posible la fabricación en lotes.

La fabricación en lotes parte del concepto de agrupar cantidades de la misma referencia para optimizar el proceso productivo:

- Menor número de cambios.
- Logística de aprovisionamiento mas sencilla.
- Problemas originados por la fabricación en lotes:
  - No existen los conceptos de Takt Time o Pull a los cuales la cadena de valor pueda responder. Es necesaria mayor labor de gestión.
  - El producto se mueve en “oleadas” que provocan sobrecargas o periodos ociosos.

- Es difícil monitorizar el flujo productivo.
- Cambios continuos en secuencias de órdenes de fabricación.
- Lead time alto, retrasos en órdenes: Necesidad de un mayor stock de producto terminado para cumplir con el nivel de servicio.
- Reacción complicada ante cambios en los pedidos.

La nivelación del flujo de materiales implica distribuir la fabricación de distintos productos de manera uniforme a lo largo de un periodo.

Para poder nivelar el flujo de materiales es necesario aumentar la flexibilidad de los procesos, esto es, la capacidad para realizar cambios entre referencias con mayor frecuencia.

- La nivelación del flujo de materiales en el proceso “marcapasos” permite:
  - Que el proceso se adapte mejor a la demanda y que sea más ágil ante variaciones en la demanda.
  - La fabricación de todas las referencias en un intervalo menor de tiempo permite reducir el stock en curso y el Lead Time.
  - Permite reducir el tamaño del Supermercado de productos terminados.
  - Aplanar la demanda de los procesos anteriores.

Una de las consecuencias más típicas de no aplicar un correcto nivelado en la gestión de la producción se manifiesta en el denominado Efecto “Ola”.

**El Efecto “Ola”.**

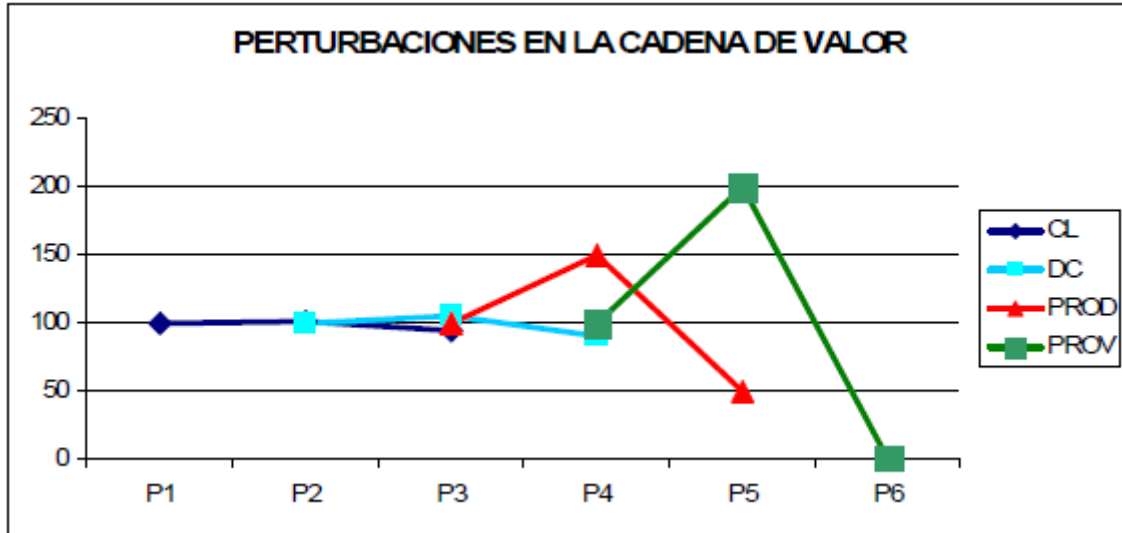
Se conoce como Efecto “Ola” a la distorsión que se crea a lo largo de la cadena de valor en la cantidad de materiales demandados por no funcionar con un flujo nivelado.

A continuación se muestra un ejemplo explicativo de este efecto:

CASO 1: Cada parte de la cadena de valor trabaja contra la reposición de un stock máximo de 300 uds. El proceso final se ajusta a lotes unitarios mientras que el resto de procesos trabaja con lotes mínimos de 5,50 y 100 uds.

	Tienda: 1			DC: 5			Planta: 50			Proveedor: 100		
Periodo	1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6
Ventas / Salidas	100	101	94	100	105	90	100	150	50	100	200	0
Inventario inicial	300	300	304	300	300	345	300	300	350	300	200	0
Inventario final	200	199	210	200	195	255	200	150	300	200	0	0
Inventario objetivo	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Cantidad pedido	100	105	90	100	150	50	100	200	0			

**Tabla C.2.2.4.3.1.** *Ejemplo explicativo del Efecto “Ola”.*



**Figura C.2.2.4.3.1.** *Gráfico explicativo del Efecto “Ola”.*

Por tanto una variación de 1 a 6 unidades en los pedidos de los clientes provoca variaciones de 200 uds en los proveedores.



### **¿Por dónde empezar para establecer un correcto Nivelado?**

Es conveniente empezar a nivelar la producción en el proceso que activa las necesidades del resto de la cadena de valor, el proceso “MARCAPASOS”.

Una vez desarrollada la capacidad de fabricar lotes lo más pequeños posibles y de forma secuenciada, será necesario extender el nivelado a los procesos inmediatamente anteriores.

El nivelado se alcanza desarrollando la capacidad de fabricar lotes cada vez menores. A su vez se va actuando sobre la flexibilidad de los equipos (tiempos de preparación), la logística,... para conseguir el ideal de lote unitario.

#### **2.2.4.4. Integración de los proveedores / Milkrun**

El sistema de reposición de material mediante milkrun [6] se usa en fabricación para abastecer un área de montaje, en la que el ritmo de producción es prácticamente constante., por lo que no es necesario prever las necesidades del periodo de fabricación.

El milkrun recorre la línea de producción en unos horarios predeterminados, con una trayectoria definida, recogiendo los embalajes vacíos que se va encontrando y depositando embalajes llenos de material en los puntos en los que retiró material en su anterior ruta.

**[6] Véase ANEXO 13. INTEGRACIÓN DE LOS PROVEEDORES / MILKRUN**

## 2.2.5. Mejora Continua

### 2.2.5.1. Kaizen

La palabra Kaizen proviene de dos ideogramas japoneses: “Kai” que significa cambio y “Zen” que quiere decir para mejorar. Así, podemos decir que “Kaizen” es “cambio para mejorar” o “mejoramiento continuo”. El pilar fundamental que sustenta el Kaizen son los equipos de trabajo, que se emplean para mejorar los procesos productivos. De hecho, Kaizen se enfoca a la gente y a la estandarización de los procesos. Su práctica requiere de un equipo integrado por personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras y demás empleados que el equipo considere necesario. Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de producción mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad, y de los métodos de trabajo por operación. Además, Kaizen también se enfoca a la eliminación de desperdicio, identificado como “muda”, en cualquiera de sus seis formas.

La estrategia de Kaizen implica la involucración del personal. Mediante el Kaizen, la dirección guía a las personas para mejorar sus habilidades y aumentar sus expectativas en cuanto a alta calidad, bajos costes, y entrega a tiempo.



**Figura C.2.2.5.1.1. Kaizen**

Pasos para implantar Kaizen:

El Plan de Implantación Kaizen[7] se puede ver en el Anexo correspondiente

[7] *Véase ANEXO 14. PLAN DE IMPLANTACIÓN KAIZEN*

### 2.2.5.2. PDCA – Rueda de Deming

A pesar de ser conocido por Deming, su principal impulsor, en realidad fue definido por Shewhart, quien lo considera como: “*un proceso metodológico elemental, aplicable en cualquier campo de la actividad, con el fin de asegurar la mejora continua de dichas actividades*”. El PDCA[8] analiza los datos centrándose en unas pocas prioridades. Investiga las causas de las ineficiencias aplicando la estadística y propone soluciones, orientadas preferentemente a la prevención antes que al remedio. El sistema de análisis PDCA se puede aplicar a cualquier problema de la empresa (simple o complejo) y en cualquier nivel.

El PDCA es un proceso que se realiza a través de una acción cíclica que consta de cuatro fases fundamentales:

- P = *Plan* = Planificar, preparar a fondo.
- D = *Do* = Efectuar, hacer. Realizar
- C = *Check* = Verificar. Comprobar
- A = *Act* = Actuar



Figura C.2.2.5.2.1. PDCA

[8] Véase ANEXO 15. PDCA – Rueda de Deming

### **2.2.5.3. AMFE**

AMFE[9] es el acrónimo de: Análisis Modal de Fallos y sus Efectos. Es un método de prevención que mediante un análisis sistemático contribuye al esfuerzo de identificación de las causas potenciales de los problemas de mantenimiento de los equipos desde el primer momento, basándose en:

- El análisis de los posibles modos de fallo que pueden aparecer en un producto o en un proceso.
- La evaluación de la gravedad de los efectos del fallo.
- El análisis de las posibles causas que pueden generar cada uno de los modos de fallo y la evaluación de la probabilidad de que se den las causas.
- El análisis de las medidas que hay establecidas para detectar la causa antes de que origine el fallo y la evaluación del potencial de detección.

[9] *Véase ANEXO 16. AMFE*

#### **2.2.5.4. 6SIGMA**

Seis Sigma[10] implica tanto un sistema estadístico como una filosofía de gestión. Seis Sigma es una forma de dirigir un negocio o un departamento enfocada a la calidad total. Seis Sigma pone primero al cliente y usa cálculos estadísticos y datos para impulsar una mejora en los resultados. Los esfuerzos de Seis Sigma se enfocan en tres áreas principales:

- Mejorar la satisfacción del cliente
- Reducir el tiempo del ciclo
- Reducir los defectos

Las mejoras en estas áreas representan importantes ahorros de costes, oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa de excelencia.

Podemos definir Seis Sigma como:

1. Una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto.
2. Un objetivo de lograr casi la perfección mediante la mejora del desempeño.
3. Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero en el negocio y un desempeño de primer nivel en un ámbito global.

**[10] Véase ANEXO 17. 6SIGMA**

