



RESUMEN

SPF

Autor

LEÓN PITA Pedro

Este documento contiene un resumen de los apuntes teóricos como apoyo para el examen final del 11 de mayo del 2018. Cualquier errata, comentario o añadido, enviar el PDF comentado a pleonpita@gmail.com, gracias.

Última actualización 11 de mayo de 2018

Índice

I	Sistemas de producción y fabricación	3
1	Introducción	3
1.1	Tres funciones básicas de la empresa	3
1.2	10 decisiones básicas	3
1.3	Resumen histórico	3
1.4	Tendencias en los SPF	4
1.5	Objetivos en los SPF	4
1.6	Estrategias en los SPF	4
2	Diseño y desarrollo de productos	5
2.1	Estrategias de producto	5
2.2	Etapas de diseño de producto	5
2.3	Metodología de diseño	5
2.4	Opciones de diseño	6
2.5	Documentación para producción	6
2.6	Sistemas MRP (Material Requirement Planning)	6
3	Selección y diseño de sistemas productivos	9
3.1	Tipos de procesos productivos	9
3.2	Herramientas: análisis y diseño	11
3.3	Reingeniería o estrategias de cambio de procesos	11
3.4	Planificación de las necesidades de capacidad	11
3.5	FMS, transporte y manutenzione industrial	12
3.6	Control de calidad de procesos	12
4	Distribución en planta y diseño del trabajo	14
4.1	Planificación de la distribución de planta	14
4.2	Tipos de distribución	14
4.3	Diseño de distribuciones de flujo flexible: 3 pasos	15

4.4	Diseño de dsitribuciones de flujo en línea	15
4.5	Planificación de la mano de obra	16
4.6	Diseño del trabajo	16
4.7	Estudio de métodos	17
4.8	Estudio de tiempos	17
5	Lean	19
5.1	Valor	19
5.2	Flujo de valor	19
5.3	Flujo	20
5.4	Pull(Atraer)	21
5.5	Perfección	22

Parte I

Sistemas de producción y fabricación

1. Introducción

1.1. Tres funciones básicas de la empresa

- **Marketing y ventas:** genera la demanda.
- **Producción y operaciones:** elabora el producto o servicio.
- **Contabilidad y finanzas:** controla la marcha del negocio.

1.2. 10 decisiones básicas

1. Diseño de producto o servicio [2](#)
2. Diseño del proceso [3](#)
3. Diseño de planta o layout [4](#)
4. Localización
5. Cadena de suministros
6. Planificación de la producción
7. Inventarios
8. Calidad
9. Mantenimiento
10. Recursos humanos

1.3. Resumen histórico

- **Cost focus 1776-1880** Adam Smith y la división del trabajo, **1880-1910** estudios del movimiento y toma de tiempos con Frank Gilberth, y la teoría de colas de Earlang, **1910-1980** producción en masa con Ford.

- **Quality focus 1980-1995** Lean Production Era 5.
- **Customization focus 1995-2010** Mass Customization Era.

1.4. Tendencias en los SPF

1. **Mejora de la productividad:** se diferencia mano de obra y máquinas. La fórmula de cálculo general es:

$$productividad = \frac{Output}{Input} = \frac{Unidades Producidas}{trabajo + material + E + capital + otros}$$

2. **Competencia global:** mejoras en tecnologías de transporte y de información, mayor demanda de bienes y servicios importados y regulación más flexible de las instituciones financieras.
3. **Cambio tecnológico acelerado.**
4. Importancia creciente de la **RSC** (Responsabilidad Corporativa Social).

1.5. Objetivos en los SPF

Las dimensiones operativas cruciales son 4: **Coste, Calidad, Tiempo y Flexibilidad**. Generalmente, las empresas no pueden ser punteras en las 4 y tienden a especializarse en 2 o 3. Las **prioridades competitivas**, aquellas que deben poseer, deben coincidir con las **capacidades competitivas**, las que ya poseen.

1.6. Estrategias en los SPF

- Producto de bajo coste
- Amplia gama de producto
- Superioridad técnica
- Características del producto
- Innovación continua
- Oferta de bajo precio o gran valor

2. Diseño y desarrollo de productos

2.1. Estrategias de producto

Las posibles decisiones que se pueden tomar sobre el producto son: selección, desarrollo y diseño. El análisis del producto por su valor estudia el aporte de cada producto a la empresa a través de un diagrama de Pareto.

2.2. Etapas de diseño de producto

1. Identificar el gap: necesidad vs deseo
2. Definir el problema: Problem statement (*5 whys* y *how*) + User needs
 - Contactar con el usuario
 - Redactar la información
 - Transformarla en necesidades
3. Especificaciones funcionales
4. Especificaciones del producto
5. Revisión del diseño
6. Prueba del mercado
7. Introducción al mercado
8. Valoración

2.3. Metodología de diseño

- **Ingeniería concurrente:** consiste en reducir costes de ciclo de vida del producto y para ello intervienen todos los departamentos.
- **Despliegue de la función de calidad (QFD)** (mismas matrices estudiadas en diseño en Tencología de Máquinas). Son 4 y relacionan de manera escalonada:
 - User needs - Características del diseño

- Características del diseño - Componentes específicos
- Componentes específicos - Procesos de producción
- Procesos de producción - Plan de calidad

2.4. Opciones de diseño

1. **Robusto:** las pequeñas variaciones no afectan.
2. **Modular:** componentes fácilmente separables.
3. **Ecológico:** productos y materias reciclables.

2.5. Documentación para producción

- **Plano de ingeniería:** dimensiones, tolerancias, materiales y acabados de un componente.
- **Lista de materiales** (BOM, Bill Of Materials): componentes que integran el producto, cantidad necesaria de cada uno, y secuencia en que cambian.
- Otros documentos: tecnología de grupos, planos de montaje, diagrama de montaje, hoja de ruta y orden de trabajo.

2.6. Sistemas MRP (Material Requirement Planning)

- Programa Maestro de Producción (PMP)
- Listas de materiales
- Registros de inventario
- Órdenes de compra pendientes
- Plazos de entrega o Lead-times

Para enfrentarnos a un problema de MRP partimos del diagrama de materiales del producto a partir de este obtenemos las ecuaciones de dependencia entre piezas, productos semiterminados y producto final (p.e. $A = 2 \cdot B + C$, para hacer A necesitamos 2 de B y 1 de C).

A continuación empezamos por el **producto final** del cual el enunciado nos debe haber dado el tamaño de su demanda y para qué periodo. Esta demanda se llama **Necesidades Brutas** (NB). Otro dato del enunciado son que vamos a necesitar ahora es el **Inventario de Seguridad**. Lo disponible en el primer período o **Previsto en Mano**:

$$PEM_0 = \text{InventarioInicial} - \text{StockSeguridad}$$

Para los siguientes periodos lo disponible depende de lo disponible en el período anterior más lo que nos diga el enunciado que ya teníamos previsto recibir, **Recepción Programada**, las recepciones que vamos a planificar nosotros de más, **Recepciones de Órdenes Planificadas**, menos lo que vamos a embarcar este período para surtir la demanda, Necesidades Brutas. Además tenemos que restar lo que nos diga el enunciado que ya esté reservado para ese período (cantidad asignada o reservada)

$$PEM_i = PEM_{i-1} + \text{RecepProgr}_i + \text{RecepOrdPlanif}_i - NB_i - \text{Reservado}$$

De esta forma podemos calcular las Necesidades Netas (NN) como lo que necesitamos para surtir la demanda.

$$NN_i = NB_i - PEM_{i-1} - \text{Reservado}_i$$

Si obtenemos necesidades netas negativas quiere decir que tenemos disponible más que lo que necesitamos embarcar, es decir, que las NN son nulas.

Por último, en caso de haber necesidades netas, las Recepciones de Órdenes Planificadas de las que hablábamos antes que vamos a decidir nosotros deben suplir la falta de producto para igualar la demanda.

$$\text{RecepOrdPlanif}_i = NN_i$$

Con frecuencia las órdenes no pueden ser del tamaño que nosotros queremos, este es el caso de producción mínima o por lotes. La **Liberación de Órdenes Planificadas** es igual a las Recepciones de Órdenes Planificadas tantos períodos antes como tardemos en obtener la pieza o producto.

$$\text{LiberacionOrdPlanif}_{i-\text{retardo}} = \text{RecepOrdPlanif}_i$$

Una vez terminado el producto final podemos completar el resto de piezas intermedias que dependan de este de tal forma que sus Necesidades Brutas se calculan con las ecuaciones de dependencia.

Dos casos específicos:

- **Rendimiento:** para un producto con rendimiento al calcular Liberación de Órdenes Planificadas se debe tener en cuenta.

$$LiberacionOrdPlanif_{i-retardo} = RecepOrdPlanif_i / Rendimiento$$

- **Factor de desperdicio:** para un producto con factor de desperdicio se debe tener en cuenta al hacer las ecuaciones de dependencia (p.e. $A = 2 \cdot B + \frac{C}{1-D_C}$), mismo ejemplo pero en este caso C tiene Desperdicio.

3. Selección y diseño de sistemas productivos

3.1. Tipos de procesos productivos

Al igual que para la estrategia de producto se puede tomar decisiones sobre la selección, el desarrollo y el diseño, en el caso de los procesos productivos se pueden tomar decisiones sobre:

- Volumen
- Participación del cliente
- Flexibilidad de los recursos, nivel de personalización
- Intensidad de capital

Existen 4 tipos de sistemas productivos que se diferencian principalmente en **volumen** y nivel de **especialización**. Para un volumen pequeño la especialización aumenta y viceversa.

1. Jobshop o por proyecto

- Poco volumen de productos con mucha variedad.
- Equipo organizado por función, operarios altamente cualificados.
- Inventario: elevado de materia prima y bajo de producto final.
- Se trabaja contra pedido.
- Costes fijos bajos (inversión inicial baja) y variables altos.

2. Batch process o por lotes

- Aumenta el volumen y disminuye la variedad.
- Baja la formación de los operarios.
- Flexible aunque unos procesos son más frecuentes que otros.
- Aumenta la inversión inicial, igualando costes fijos y variables.

3. Assembly line o en línea

- Equipamiento especializado por producto.
- Operarios especializados.
- Inventario en curso bajo relativo al volumen de producción.

- Make to Stock > Make to Order.
- Costes fijos altos.

4. Continuous flow o de flujo continuo

- Gran volumen y baja variedad.
- Equipo y operarios muy especializados.
- Inventario: materia prima y en curso bajo, y producto final alto.
- Costes fijos elevados y variables bajos.

En función de las prioridades competitivas, las **estrategias de diseño de proceso** se pueden clasificar en:

Prioridades competitivas	Opción de proceso
Calidad superior, entrega a tiempo y flexibilidad	Jobshop o batch process de lotes pequeños
Bajo coste, calidad consistente y velocidad de entrega	Lotes grandes, assembly line, flujo continuo

La **estrategia de inventario** también depende de las prioridades competitivas:

Prioridades competitivas	Estrategia de inventario
Calidad superior, entrega a tiempo y flexibilidad	Fabricación contra pedido <i>Make to Order</i>
Velocidad de entrega y variedad	Montaje contra pedido <i>Make to Assembly</i>
Bajo coste y velocidad de entrega	Fabricación contra inventario <i>Make to Stock</i>

Por último, la flexibilidad de los recursos se diferencia entre mano de obra y equipo. Cuanto mayor sea el coste de la mano de obra mayor será la flexibilidad de la planta (operarios más generalistas como en un Jobshop). Para la maquinaria, cuanto mayor sea el volumen producido, menor será la flexibilidad de la planta (como el caso de un Assembly line).

3.2. Herramientas: análisis y diseño

- Diagrama de flujo: materia, productos y personal.

- Mapas de procesos: diagrama de flujo teniendo en cuenta el tiempo.
- Flujo de valor: desde los suministros hasta el cliente.
- Gráficos de procesos: destaca el valor añadido en cada etapa.
- Listas de verificación.
- Gráfico de Pareto.

3.3. Reingeniería o estrategias de cambio de procesos

- Rediseño de procesos: mejora de procesos (pequeña escala) y reingeniería de procesos (gran escala).
- Modificar decisiones estratégicas.
- ¿Es necesario? ¿Está alineado con la meta? ¿Es viable? Si, entonces se plantea su implementación detallada y las partes involucradas.

3.4. Planificación de las necesidades de capacidad

TOC o Theory Of Constraints es la teoría explicada en el libro de *La Meta* en el cual se identifican las principales restricciones de la producción, un recurso con capacidad insuficiente es **cuello de botella**. Los 7 principios del TOC son:

1. Equilibrar el flujo con la demanda, no la capacidad.
2. Maximización particular \neq maximización global.
3. Una hora perdida en el cuello de botella = Una hora perdida total.
4. Inventario necesario frente al cuello de botella.
5. Tasa de aceptación de trabajos = tasa de producción del cuello de botella.
6. La mejora de un recurso no cuello de botella es inútil.
7. Toda inversión debe tener en cuenta: producción, inventario y gastos de operación.

Ante las restricciones del mercado y de los recursos el TOC propone seguir los siguientes 5 pasos para lograr una producción óptima:

1. Identificar los cuellos de botella (carga > capacidad).

2. Explotar los cuellos de botella.
3. Subordinar todas las decisiones al paso 2 (Drum, Buffer, Rope)
4. Elevar cuellos de botella (OEE, evitar defectos, subcontratar).
5. No permitir que la inercia se imponga.

3.5. FMS, transporte y manutención industrial

- Maquinaria de control numérico: aumenta precisión, control, productividad y velocidad (AIS o Automatic Identification Systems).
- Sistemas de visión: inspección, son precisos y de coste moderado.
- Control de procesos: sensor-ordenador-resultados.
- Sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación.
- AGV: Automated Guided Vehicles.
- FMS: Flexible Manufacturing Scheduling.
- CIM: Computer Integrated Manufacturing.

3.6. Control de calidad de procesos

El CEP, Control Estadístico de Procesos, es una técnica estadística que se usa para asegurar que los procesos cumplen con los estándares. El desvío de los estándares se puede originar por **causas naturales** que generan distribuciones estables con el tiempo (variables aleatorias) y **causas imputables** cuyos resultados no son estables con el tiempo (problemas corregibles).

El **Teorema Central del Límite** establece que si se realizan un número elevado de ensayos de un proceso con una distribución cualquiera (beta, normal, uniforme, etc.) las **medias** de los ensayos siguen una **distribución normal**.

Para determinar si un proceso está dentro o fuera de los estándares se calculan los límites superior e inferior de 2 magnitudes: la media (Gráfico X) y el rango (Gráfico R).

- Gráfico X: media de las muestras a lo largo del tiempo.

S conocida (desviación estándar poblacional)

$$UCL = \bar{\bar{X}} + z \cdot \bar{S}_x$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - z \cdot \bar{S}_x$$

S desconocida

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R}$$

Donde $\bar{\bar{X}}$ es la media de medias, z es el número de desviaciones estándar normales para un nivel de confianza, $\bar{S}_x = \frac{S}{\sqrt{n}}$ desviación estándar muestral, A_2 sale en las tablas en función de n (número de observaciones en una muestra) y \bar{R} es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de estas observaciones.

- Gráfico R: rango de las muestras a lo largo del tiempo.

$$UCL_R = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$LCL_R = D_3 \cdot \bar{R}$$

Un proceso puede:

- Ser **capaz** si su desviación no sobrepasa los límites de la especificación.
- Estar **bajo control** si su media y su rango están dentro de los límites de los gráficos X y R.
- **Ratio de capacidad de proceso:** $C_p = \frac{Lim.Esp.Sup. - Lim.Esp.Inf.}{6 \cdot S}$
- **Índice de capacidad de proceso:**

$$C_{pk} = \min \left[\frac{Lim.Esp.Sup. - \bar{X}}{3 \cdot \sigma}, \frac{\bar{X} - Lim.Esp.Inf.}{3 \cdot \sigma} \right]$$

$C_p < 1$ proceso incapaz, $C_p = 2$ Six Sigma, $C_{pk} \geq 1$ proceso capaz.

4. Distribución en planta y diseño del trabajo

4.1. Planificación de la distribución de planta

Objetivos:

- Mejor utilización del espacio, equipo y personas. (recursos)
- Mejora del flujo de información, materiales y personas.
- Mejora de las condiciones de trabajo de los empleados.
- Mejora de la interacción con el cliente (servicios).
- Flexibilidad.

Para cumplir estos 5 objetivos el diseño de planta debe responder a decisiones estratégicas sobre: el número de centros, el espacio y capacidad en cada centro, la configuración de este espacio y la posición relativa entre centros.

4.2. Tipos de distribución

Existen varios criterios para diferenciar los 4 tipos de distribución, pero los dos principales son la **inversión de capital** y la **flexibilidad**.

1. Taller:

- Bajo volumen y mucha personalización.
- Recursos agrupados por función de propósito general.
- Empleados con elevados conocimientos técnicos.

2. En línea: de montaje o de fabricación

- Volumen de productos elevados.
- Recursos organizados por producto.
- **Ventajas:** bajo coste variable, bajo coste de manejo de material, nivel de inventario bajo, formación y supervisión más fácil y producción elevada.
- **Inconvenientes:** volumen alto, aumenta la dependencia entre etapas y baja la flexibilidad.

3. Fija: producto grande o difícil de mover.

4. **Híbrida:** mezcla entre flujo flexible y en línea. Algunas técnicas típicas de esta distribución son:

- One Worker Multiple Machines, OWMM.
- Tecnología de grupos, GT.
- Flexible Manufacturing Scheduling, FMS.

4.3. Diseño de distribuciones de flujo flexible: 3 pasos

1. **Reunir información:** sobre el espacio requerido vs el disponible, y las posibles interacciones entre las etapas (factor de cercanía o $f_{cercania}$).
2. **Crear un plano de bloques:** optimizar el mínimo de la suma total de las distancias ponderadas ($distancia \cdot f_{cercania}$).
3. **Diseño de una distribución detallada:** forma y tamaños exactos, disposición de las máquinas, etc.

4.4. Diseño de distribuciones de flujo en línea

El equilibrado de línea es la asignación de trabajo o etapas a las estaciones hasta alcanzar una tasa de producción deseada con el menor número posible de estaciones. En los problemas de diseño de distribuciones de flujo en línea se calcula primero el tiempo de ciclo, C , para posteriormente obtener el número mínimo de estaciones, n , y finalmente asignar tareas a cada estación. OJO! el número de estaciones es **mínimo** y puede ser necesario añadir nuevas estaciones.

$$C = \frac{TiempoDeProduccionDiarioDisponible}{DemandaDiaria}$$
$$n = \frac{\sum_{tareas} tiempo_{tarea}}{C}$$

Una vez calculados estos dos, en base a ellos se puede obtener tanto el **tiempo ocioso** como la **eficiencia del proceso**:

$$t_{ocioso} = n \cdot C - \sum_{tareas} t_{tareas}$$

$$eficiencia = \frac{\sum_{tarear} t_{tarea}}{n \cdot C} \cdot 100$$

Existen distintos tipos de estrategias para rellenar las estaciones con etapas, cuando se resuelve un equilibrado de línea se debe especificar la estrategia utilizada, según:

- Tarea de tiempo más largo.
- Tarea con mayor número de tareas posteriores.
- Tarea con mayor tiempo acumulado de tareas posteriores.
- Tarea de tiempo más corto.
- Tarea con menor número de tareas posteriores.

4.5. Planificación de la mano de obra

Políticas de empleo:

- Variación de la plantilla en función de la demanda, **variable**.
- Mantenimiento constante de la plantilla, **fija**.
- Diseño **combinado** de plantilla fija y variable.

Hay 4 tipos de jornada laboral: estándar (8 horas), flexible, a tiempo parcial e irregular (servicios de emergencia).

4.6. Diseño del trabajo

Para diseñar el puesto y carga de trabajo se tienen en cuenta factores de naturaleza **técnico-física** como conocimientos técnicos y el ambiente, así como factores **socio-psicológicos** como colaboración vs subordinación o la motivación en el trabajo. Existen 6 componentes:

- Especialización: Adam Smith, 1776 (dividir el trabajo en tareas simples).
- Diversificación.
- Psicológicos: Hawthorne de Western Electric.
- Equipos autodirigidos: objetivo común.
- Motivación: remuneración, pirámide de Maslow.
- Ergonomía: mejora de la interacción hombre-entorno de trabajo.

4.7. Estudio de métodos

Primero se presentan los 5 ámbitos o vías para introducir mejoras, a continuación las herramientas para evaluar la necesidad y pertinencia del cambio y por último, los 5 pasos a seguir para introducir estas mejoras.

Mejoras posibles:

- Procesos y procedimientos.
- Layout y lugar de trabajo.
- Máquinas e instalaciones.
- Esfuerzo humano y fatiga innecesaria.
- Materiales, maquinaria y mano de obra.

Herramientas:

1. Diagrama de flujo: material, producto y personal.
2. Mapa de procesos: diagrama de flujo teniendo en cuenta el tiempo.
3. Gráficos de proceso: tiempos y distancias, analizando el valor añadido.
4. Gráficos de actividad.
5. Gráficos de operaciones: mano derecha, mano izquierda.

Pasos o fases a seguir:

1. Seleccionar el trabajo a estudiar.
2. Registro de datos útiles (herramientas).
3. Examen crítico del método actual.
4. Idear el nuevo método.
5. Implantar y controlar.

4.8. Estudio de tiempos

1. Se definen los elementos que constituyen cada tarea.
2. Se cronometra un primer conjunto de observaciones de la misma tarea.

3. Se determina el tamaño muestral requerido para alcanzar una precisión para cada elemento:

$$n = \left(\frac{z}{p} \cdot \frac{\sigma}{\bar{t}} \right)^2$$

Donde z es el intervalo de confianza de la normal $N(0,1)$, p la precisión, σ la desviación típica muestral requerida y \bar{t} la duración media en el primer conjunto de observaciones.

4. Se define el tiempo **estándar** de cada etapa (RF es el factor de actividad):

$$t_{normal} = t_{observado} \cdot RF$$

$$t_{estandar} = t_{normal} \cdot (1 + FactorDeConcesion)$$

A diferencia de la estimación del número de muestras para determinar el tiempo requerido para cada etapa, también se puede determinar el número de muestras necesarias para conocer el porcentaje de tiempo dedicado por un trabajador a una tarea:

$$n = \left(\frac{z}{e} \right)^2 * \hat{p} \cdot (1 - \hat{p})$$

Donde z sigue siendo el intervalo de confianza para una normal $N(0,1)$, e el grado de precisión y \hat{p} la proporción de tiempo que el empleado dedica a esa tarea.

Dos últimas siglas de interés:

- Time Measure Units (TMU)
- Method Time Measurement (MTM)

5. Lean

El término Lean implica una sistemática de eliminación del desperdicio de un proceso para promover **el flujo** creando un entorno de mejora continua, motivando cambios medibles y sostenidos. Se sirve de herramientas simples y eficaces, y es aplicable a todos los procesos del ciclo de vida del producto: desarrollo, producción, gestión de proveedores y soporte al cliente.

5.1. Valor

El valor lo define **el cliente** (usuario final, cliente interno, empresa cliente, comprador, etc.) y se diferencia entre: valor añadido (VA), no-valor añadido (NVA) y desperdicio. El **Lead-time** o tiempo hasta usuario es la suma de todos los tiempos de $VA + NVA + Desperdicios$. **Ineficiencias:**

- **Muda**, 7 desperdicios: Transporte, Inventario, Movimiento, Esperas, Sobreproducción, Sobreprocesos y Defectos.
- **Muri**, sobrecarga tanto de personas como de procesos (sistema Push).
- **Mura**, variabilidad de proceso o de productos (buscar un estándar).

5.2. Flujo de valor

El VSM o **Value Stream Map** es la herramienta para el estudio del flujo de valor y representa la secuencia de actividades y acciones necesarias para diseñar, solicitar, fabricar y entregar un producto. Es esencial para identificar desperdicios. Los 7 pasos para hacer un VSM son:

1. Requisitos del cliente
2. Pasos del proceso
3. Datos del proceso
4. Inventario
5. Flujo de material (proveedores-fabricante-cliente)
6. Flujo impulsor de la información y flujo interno del material

7. Plazos de entrega de fabricación y tiempos de proceso

5.3. Flujo

Herramientas para hacer fluir el valor:

1. **Cinco S:** Seleccionar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar, Mantener
 - Puesto de trabajo ordenado
 - Mejorar la seguridad
 - Aumentar la calidad
 - Identificar las desviaciones del estándar inmediatamente
 - Ambiente de mejora continua
2. **SMED:** Single Minute Exchange of Die. Analiza y reduce el **tiempo de cambio**, definido como el necesario para cambiar un proceso desde que se produce una pieza buena hasta que se produce la siguiente.
3. **Gestión visual y KPIs:** al conseguir un proceso transparente se puede ver, controlar y realizar mejoras sobre este control. Las variables de control o KPI cumplen los atributos de ser esencial, útil e inmediato.
4. **Operaciones estándar:** al estandarizar se puede predecir, tomar tiempos y estabilizar procesos, obteniendo un flujo continuo y reduciendo la variabilidad.
5. **Matriz de habilidades:** representa las fortalezas y debilidades de cada empleado para realizar cada una de las actividades de un proceso.
6. **Resolución de problemas**
 - **Identificar** el problema: check list, diagramas de Pareto y gráficos X y R.
 - **Causa raíz** del problema: diagrama Ishikawa (espina de pescado), 5 Whys y 4M (personas, métodos, máquinas y materiales).
 - **Acciones correctoras:** Poka-Yoke es una filosofía de diseño basada en *hazlo para que no se rompa*.
7. **TPM:** Total Productive Maintenance

$$OEE = Disponibilidad \cdot Productividad \cdot Calidad$$

$$Disponibilidad = \frac{t_{funcionamiento} - t_{muerto}}{t_{funcionamiento}}$$

$$Productividad = \frac{N_{RealProducido}}{N_{IdealProducido}}$$

$$Calidad = \frac{Piezas - Defectuosas}{Piezas}$$

5.4. Pull(Atraer)

Existen dos estrategias general de producción. Por un lado están los sistemas **Push**, tradicionales, en los que el proveedor envía recursos de forma sistemática, empujando la producción desde el inicio. Por otro lado están los sistemas **Pull**, más propios de Lean, en los que la demanda tira de la producción de tal forma que la fábrica sólo hace los pedidos necesarios a su proveedor. A esta estrategia también se la denomina **flujo continuo** y sus características principales son:

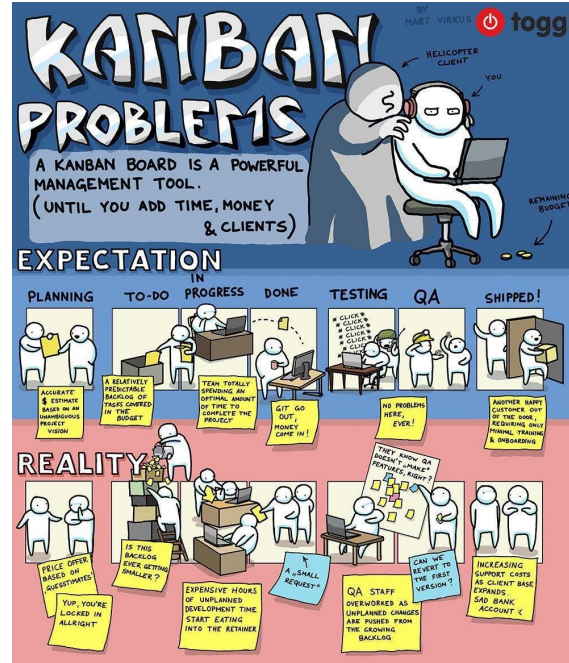
- Reducción del desperdicio
- Reducción del Lead-time
- Entrega sin retrasos
- Se promueve el OPF o One Piece Flow

Las principales herramientas implementadas para conseguir un flujo continuo son:

1. **Takt time**: forma alemana de decir tiempo de ciclo.

$$takt = \frac{TiempoDeProduccionDiarioDisponible}{DemandaDiaria}$$

2. **Kanban**: Propone llevar un recuento de las piezas consumidas de tal forma que es la fábrica la que pide piezas al fabricante (pull) y no el fabricante el que envía piezas a la fábrica (push). ¿Pero de qué tamaño deben ser los lotes de piezas que pedimos?



El dimensionamiento se basa en determinar por un lado el **número de contenedores**, en relación con el inventario en curso y de seguridad, y por otro, las **piezas por contenedor** que dependen del tamaño de lote o pedido fabricado.

$$Contenedores = \frac{d \cdot (\bar{w} + \bar{p}) \cdot (1 + \alpha)}{c}$$

- d , la demanda del producto en unidades producidas por unidad de tiempo.
- \bar{w} , el tiempo medio de espera en el contenedor.
- \bar{p} , el tiempo medio de procesado.
- α , el factor de eficiencia y seguridad.
- c , la capacidad de un contenedor.

3. Producción nivelada: lotes reducidos

Finalmente, se denomina **Just In Time** al sistema de producción que se sirve de las herramientas de Flujo Continuo, Takt, Producción Nivelada y sistemas Pull.

5.5. Perfección

La perfección o mejora continua sigue los 4 pasos recursivos de Plan, Do, Act; Check, Plan, Do, etc.