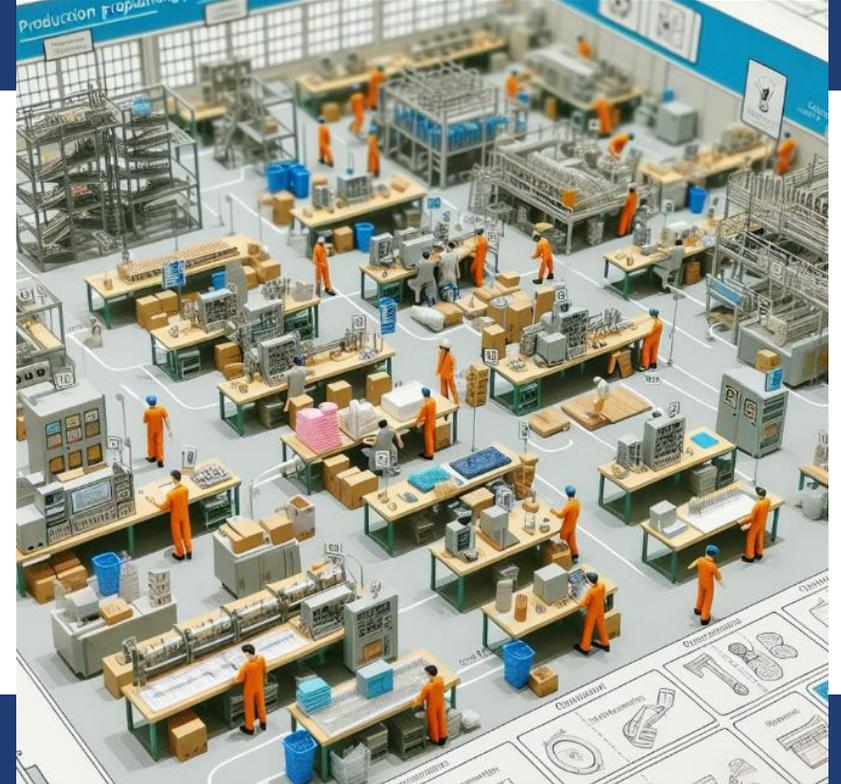




Universidad  
Zaragoza

## Tema 5. Layout, flujo productivo y dimensionamiento.



# Introducción

## Introducción

En este capítulo nos centraremos en describir los tipos de **disposición en planta (Layout)** de las máquinas y recursos productivos para llevar a cabo la producción. Entendido lo visto en el capítulo de lean manufacturing, se comprende como un buen layout es clave para:

- Optimizar la conexión de los procesos.
- Evitar desplazamientos de materiales.
- Equilibrar los tiempos de fabricación.
- Reducir la superficie necesaria para la fabricación.

Se entiende por layout (cuyo significado es “disposición en planta”) a la distribución física y ordenada de los medios productivos, herramientas y materiales necesarios para llevar a cabo la actividad de fabricación.

Un buen layout completo incluirá no solo la posición de las máquinas y materiales en la planta sino también los accesos y rutas destinados para la logística interna.

## Tipos de layout. Consideraciones previas.

Antes de hablar de los tipos de layout, vamos a distinguir dos tipos de líneas de producción que podemos encontrar, puesto que la construcción de un tipo de layout u otro se ve influida por la naturaleza de las operaciones que se están realizando:

### ▪ **Líneas de fabricación:**

Se produce el producto mediante la transformación de materia prima. La materia prima inicial en bruto va avanzando por la planta, de proceso en proceso. El ritmo de trabajo estará fuertemente influenciado por:

- El tiempo que cada proceso requiere para completarse.
- La viabilidad (física y económica) de trocear ese proceso entre varias fases.

### ▪ **Líneas de ensamblaje:**

El producto se va conformando mediante, principalmente, la agregación (montaje) de piezas, subconjuntos y materiales que no se fabrican en planta (o no en esa línea de producción) si no que se traen a línea para ser añadidos y ensamblados al producto. En este tipo de líneas, la disposición de materiales en cada puesto de trabajo y las rutas y flujos mediante los cuales llegan a línea son de especial importancia.

En general, el proceso de ensamblado suele ser más favorable a ser dividido en etapas para poder influir en el tiempo de ciclo.

# Layout, producto y proceso

## La relación Producto-Proceso y sus implicaciones en el layout.

La forma de distribuir los medios productivos en planta se ve fuertemente influenciada por el resultado de la combinación de estos dos factores:

- El tipo de producto que estamos haciendo, en lo que respecta a aspecto como su tamaño y estandarización.
- El volumen de fabricación.

Esto se ve reflejado en los estudios que llevaron a cabo Robert H. **Hayes** and Steven C. **Wheelwright** en torno a los años 80, mediante los cuales proponían relacionar el tan estudiado **ciclo de vida del producto** con el entonces no tan evaluado **ciclo de vida del proceso**.

Los objetivos o conceptos detrás de estos análisis son:

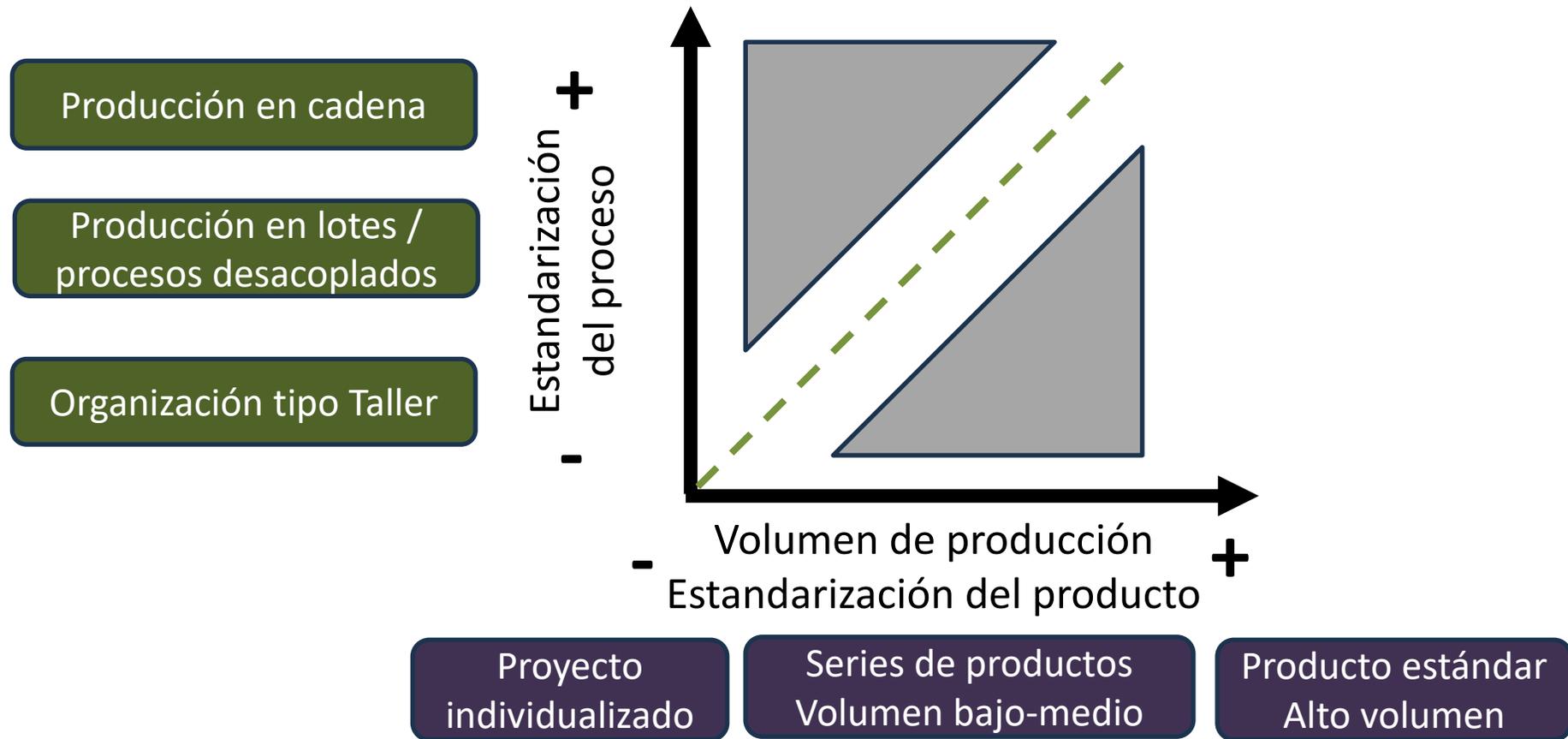
- Ayudar a las organizaciones a definir su estrategia de **organización de manufacturas** en función de su producto.
- Guiar los **planes de crecimiento** de las empresas orientando su posicionamiento.

→ La idea subyacente es que las organizaciones deben adaptarse continuamente a los cambios del mercado y de las tecnologías, además de los propios planes de crecimiento, por lo que los cambios que se adopten deben ser coherentes y mantener el equilibrio natural en la relación Producto-Proceso

# Layout, producto y proceso

## La relación Producto-Proceso y sus implicaciones en el layout.

Fruto de su estudio se elaboró una matriz de relación Producto Proceso de la que se desprenden estas relaciones:



# Layout, producto y proceso

## La relación Producto-Proceso y sus implicaciones en el layout.

La interpretación de esta matriz producto-proceso de Hayes da, entre otras, las siguientes conclusiones:

- El flujo continuo está reservado para productos que lo permitan y suelen ser las denominadas “commodities”, con poca o nula flexibilidad y procesos muy especializados.
- Fuera de la diagonal no se es competitivo: no puedes producir, de forma óptima, un producto único en una cadena de montaje ni una serie larga de producto repetitivo en un taller.
- De forma preliminar, se puede entender que el incremento del volumen de producción va asociado o requiere de un alto grado de estandarización del mismo para poder ser implantado.
- Algunos productos, por su volumen físico, requieren necesariamente de la producción tipo taller (por proyecto) aunque fueran repetitivos, por la imposibilidad o inconveniencia de mover el producto a lo largo de una serie de procesos (por ejemplo, la construcción naval).

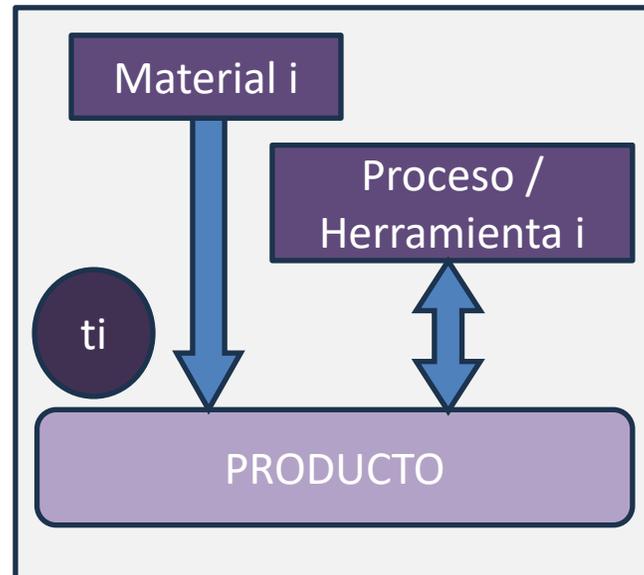
A menudo se ve esta matriz como la relación entre el **nivel de madurez del producto** y el **nivel de madurez del proceso**, entiendo el producto maduro como el **estandarizado** y de alto volumen y el proceso maduro el altamente **automatizado**. Esta interpretación debe estar sujeta a revisión de acuerdo a las tendencias actuales puesto que, en la actualidad, los productos que satisfacen al mercado son los **altamente personalizables** y los procesos, si bien mantienen la automatización como objetivo deseable, incorporar otros elementos como la **flexibilidad** y la **colaboración hombre-máquina**.

# Layout

## Tipos de layout

Los tipos de layout que existen en a lo largo de la diagonal del esquema anterior (que prácticamente se anticipan en el eje vertical) serían:

- Layout **por proyecto**: El producto está fijo y es el centro. Las herramientas, materiales y operarios van al producto en cada fase de tiempo y orden según la secuencia de fabricación y montaje. El material y proceso se queda y las herramientas se retiran para dejar paso al siguiente proceso.

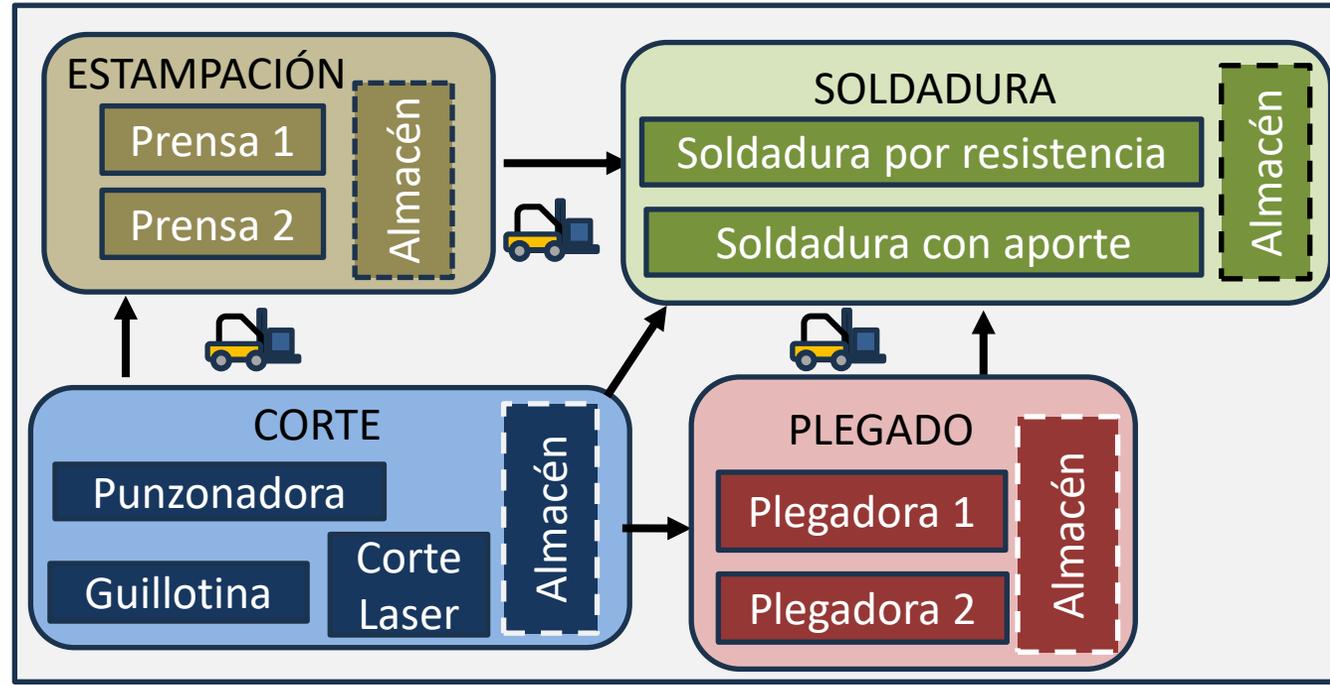


# Layout

## Tipos de layout

- **Por centros de trabajo** o por **talleres**: Es un layout orientado a **procesos**, puesto que las agrupaciones son de maquinas que hacen funciones similares (por ejemplo, un área donde están las prensas, otra con los equipos de corte de chapa, otra para los centros de mecanizado, otra para equipos de soldadura, etc.).

En este tipo de layout, las piezas no se mueven una a una, sino que se almacenan temporalmente después de ser procesadas en cada centro de trabajo y se transportan de un centro a otro, dentro de la planta, para recibir el siguiente proceso.

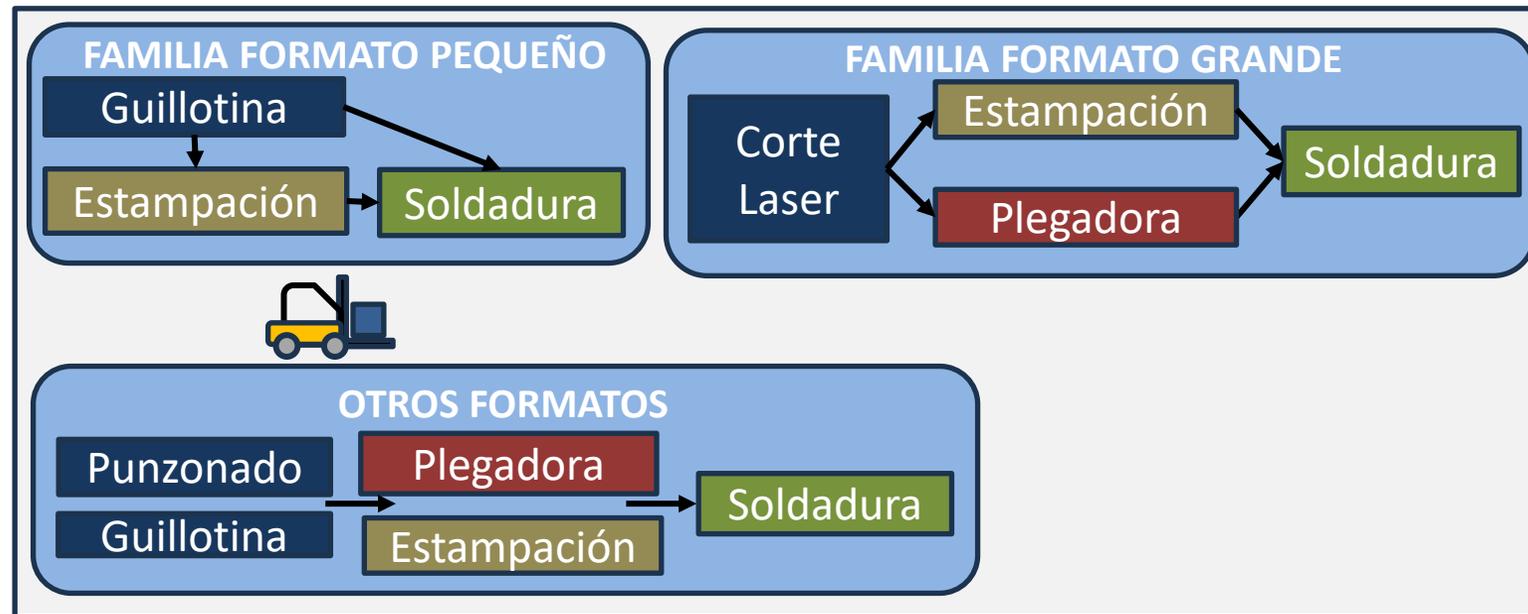


# Layout

## Tipos de layout

- **Celdas de producción:** Son posibles cuando los productos se pueden empezar a agrupar en familias con características similares (por ejemplo, formatos de chapa, tamaños). Son agrupaciones del conjunto de máquinas en las que se es capaz de encadenar unos pocos procesos para procesar completa o parcialmente esas familias de producto, subconjuntos o pre-operaciones.

En este tipo de layout, las piezas se pueden acumular en pequeños pulmones de piezas y se transfieren de una máquina a otra dentro de la celda (a diferencia de los almacenes y el transporte por la planta del caso anterior).



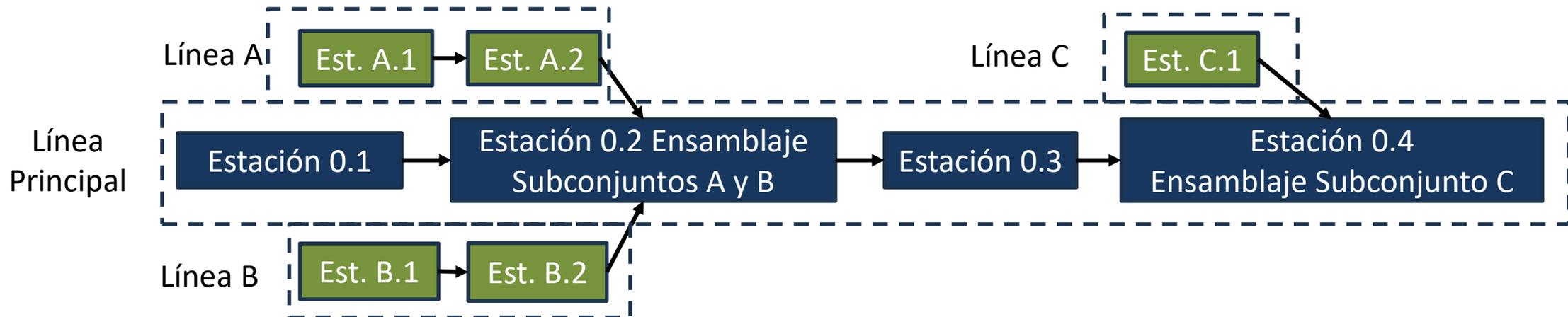
# Layout

## Tipos de layout

- **Cadena de producción:** Es el concepto de la línea de montaje de Henry Ford vista en el capítulo de Lean Manufacturing. Las estaciones de trabajo están fijas y el producto se mueve secuencialmente de una a otra. Es un layout orientado al **producto** ya que se disponen recursos y procesos en función de los pasos secuenciales necesarios para fabricarlo.



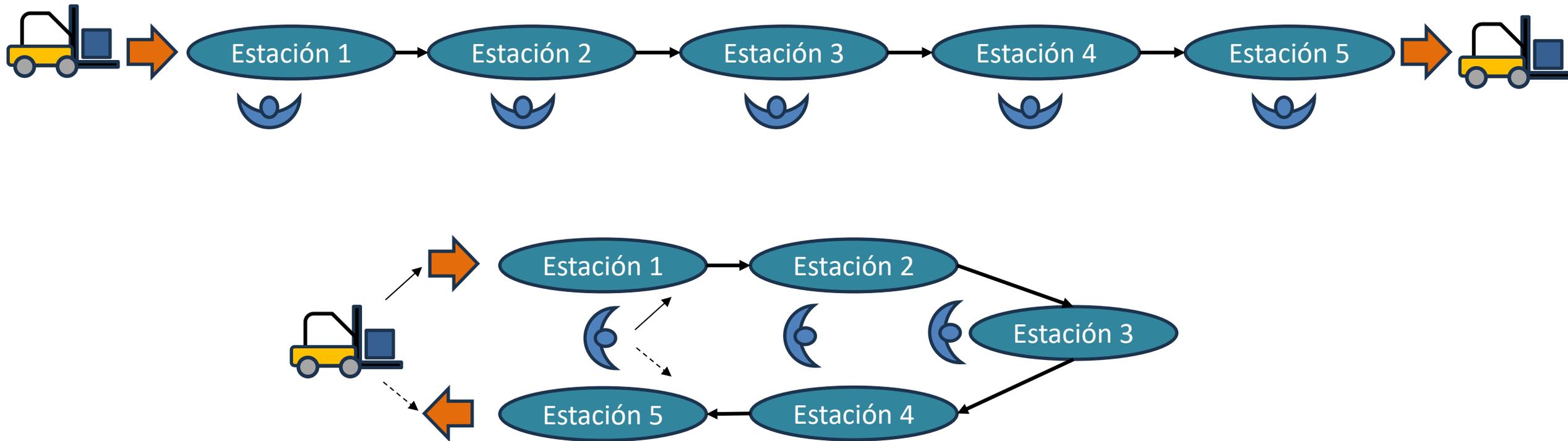
En los procesos de ensamblado donde se incorporan al producto base una serie de subconjuntos que se fabrican en la misma planta, si el espacio y la tecnología lo permiten, se puede plantear un layout tipo **espina de pez**, en el que las distintas líneas de fabricación confluyen en la principal en el momento que se va a necesitar incorporar cada pieza.



# Layout

## Tipos de layout

- En los layouts tipo cadena de producción, en ocasiones debido a la longitud necesaria o por compartir espacios de ubicación de piezas e incluso para tener flexibilidad mediante los operarios, se puede implementar una disposición tipo “U” en la que, en el espacio interior, un trabajador puede atender tanto un tramo de la línea como otro o se pueda compartir recursos como la logística de entrada y salida de materiales a línea



# Layout. Otros conceptos.

## Sistemas Holónicos: Holonic Manufacturing System (HMS)

Los sistemas holónicos de manufacturas son más un **concepto** y filosofía de **arquitectura** de sistema que una disposición física de los medios en la planta productiva, pero merece la pena nombrarlo en este punto.

Los sistemas holónicos serían **unidades productivas** que son, al mismo tiempo, **autónomas y cooperativas** e integrantes de un sistema superior. Es decir, tiene capacidad de producir sin necesidad de ordenes forzadas de fabricación, pero a la vez de colaborar con otros holones y asistir sus necesidades.

Es habitual distinguir entre holones de **Producto**, de **Recurso** y de **Tarea**:

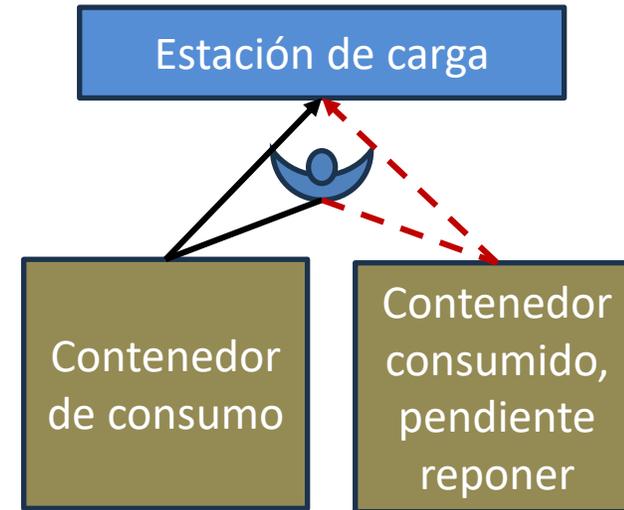
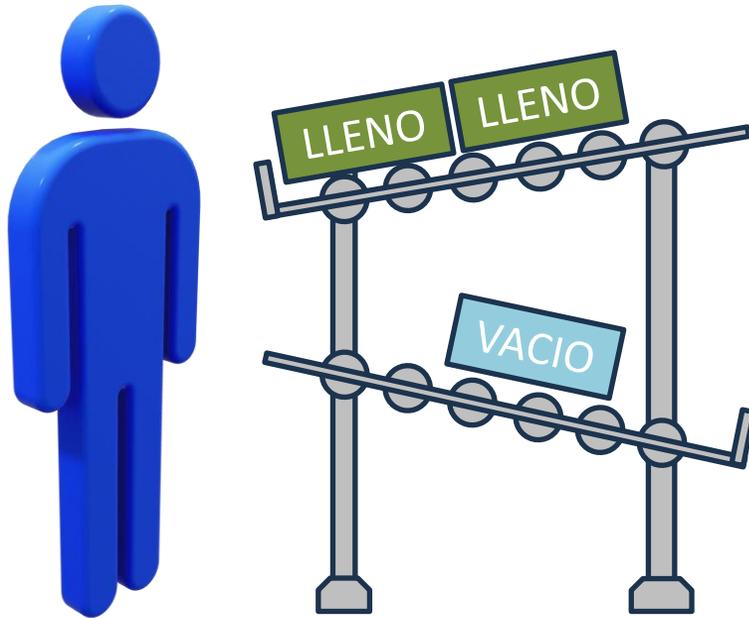
- Los productos serían las piezas, planos, especificaciones
- Los recursos serían las máquinas y herramientas para ejecutar los procesos
- Las tareas serían las informaciones como las ordenes de fabricación, stocks, tiempos, etc.

La idea simplificada sería que, cada sistema holónico, en base a cómo se haya programado, se postule o no para fabricar piezas en función de sus condiciones en ese momento y en base a las informaciones de las que dispone, siendo esta decisión compartida con el resto de holones para que el sistema fluya y se ejecute la producción planificada de la mejor forma posible.

# Layout y logística

## Cambio de material

Un aspecto importante, de cara a no parar la línea de producción, es cómo hacer el cambio de materiales, cuando se nos acaban las piezas en el contenedor, para no parar la línea de producción. Existen diversas estrategias para permitir disponer siempre de un contenedor lleno de piezas y permitir que el departamento de logística interna reponga el contenedor vacío por uno lleno, pero dependiendo del número de referencias y del volumen de las piezas y sus contenedores, esto tendrá un impacto en el layout de las estaciones de trabajo.



# Layout y logística

## Kitting

Una estrategia logística muy interesante en los tiempos actuales, donde prima la personalización de productos y por lo tanto se requiere de procesos flexibles para los procesos de ensamblaje (más que para los de fabricación) el es **Kitting**. Viene de la palabra kit y significaría la acción de hacer kits: Se trata de hacer pequeños kits (bolsas, paquetes o gavetas) con las piezas exactas que se van a necesitar para la siguiente pieza a producir: Por ejemplo: dos tornillos, dos arandelas y un refuerzo.

El operario de producción, en vez de coger cada una de esas piezas de su correspondiente contenedor, recibe el kit agrupado.

Algunas de las **ventajas** más inmediatas son claras:

- Se reduce espacio necesario en el puesto de trabajo para la variedad de componentes que se pueden llegar a necesitar.
- Se reducen los movimientos y desplazamientos necesarios por parte del operario para hacer acopio de piezas.
- Se reduce el riesgo de fallo del operario a la hora de seleccionar los componentes.

Los **inconvenientes** también son evidentes:

- La generación de kits se ha de hacer en algún lado (requiere espacio) y por algún operario o (adicional, tal vez compensado por el ahorro en cada puesto al que alimenta) además de necesitar contenedores específicos, y el riesgo de fallo se traslada allí. Sin embargo, si imaginamos una referencia que se consume en varios puntos de la planta, puede ser preferible tenerla en un único lugar y distribuir la cantidad necesaria a cada parte del proceso, que tener pequeños puntos de consumo en cada uno.

# Flujo productivo

## Transporte del producto a lo largo del flujo productivo

Cómo mover físicamente las piezas de una estación a la siguiente es de particular importancia en las líneas de producción, ya que los medios usados para esto formarán parte de los recursos productivos y tecnológicos, requerirán integración y mantenimiento y el tiempo que necesiten para su operativa, impactará en el tiempo de proceso total.

➤ En los layouts tipo Taller o Celdas, los materiales se moverán de uno a otro principalmente mediante carretillas.

En los últimos años, se están introduciendo como medio de transporte los **AGV's** (Automated Guide Vehicle), unos pequeños robots con ruedas que mueven los contenedores de forma automática colocándose debajo y elevándolos o por arrastre.

➤ En las líneas de producción, se pueden transportar las piezas de una estación a otra de diversas formas:

➤ Robots manipuladores.

➤ Caminos de rodillos motorizados.

➤ Transportadores de cadena (Destacan el tipo **Shuttle** o los tipo **Power & Free**, que permiten acoplarse y desacoplarse del movimiento de la cadena principal para realizar acúmulos de piezas, cargas y descargas mientras la cadena principal sigue alimentando de piezas al proceso.

Mientras la pieza se está transportando, no se le puede realizar ninguna operación productiva sobre ella. Por tanto, el tiempo de proceso de una estación de trabajo incluye: tiempo de transporte de entrada + tiempo de transporte de salida.

# Flujo productivo

## Buffer y acúmulos

A medida que el layout se sitúa en la parte alta de la diagonal de la matriz producto-proceso antes vista, es decir, en **el proceso continuo** y en la **producción en cadena**, el stock de piezas y por lo tanto el WIP disminuye y el proceso se aproxima al paradigma del **one-piece-flow**. Sin embargo, no es realista pensar que no hará falta ningún pulmón ("buffer") de piezas intermedia. Los buffers son necesarios principalmente, para absorber paros en las estaciones adyacentes.

El dimensionamiento de los buffers se puede realizar mediante simulaciones de eventos discretos.

Existen softwares en el mercado especializados en simulaciones de procesos, como AnyLogic o Process Simulate de Siemens.

Estos softwares permiten plantear la línea de producción y entorno y simular que pasará bajo determinadas condiciones como, por ejemplo, el mix de producción que estés procesando, el número de recursos que pongas en cada parte del proceso y obtener así información con la que tomar decisiones sobre temas como:

- ✓ Dimensionamiento de buffers.
- ✓ Balanceo de estaciones.
- ✓ Número de operarios necesario.
- ✓ Puntos de saturación.
- ✓ Cuellos de botella.
- ✓ Capacidad máxima de producción.
- ✓ Etc.

# Dimensionamiento

## Dimensionamiento de las líneas de producción

Una vez fijado, por parte del plan de producción, el volumen deseado a producir por cada periodo de tiempo (pongamos, por ejemplo, por turno productivo), se puede calcular el tiempo máximo en el que tenemos que procesar cada pieza en cada estación de nuestra línea productiva. Esto sería el llamado **Takt Time** y se calcula como el cociente entre el tiempo que hay disponible para producir en el periodo de estudio por la cantidad de piezas deseadas.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Cantidad de piezas}}$$

Conocido este tiempo, para calcular cuantas estaciones de trabajo necesitaremos, se divide el tiempo total necesario para producir una pieza (que es la suma del tiempo de todas las operaciones que hay que realizarle) por el takt time antes calculado.

$$\text{Nº de estaciones} = \frac{\text{Tiempo total proceso}}{\text{Takt Time}}$$

Esto es tan solo una primera aproximación de dimensionamiento que necesitará de un estudio detallado posterior puesto que entran en juego muchas consideraciones. Por ejemplo, ciertos procesos no se pueden trocear para repartirse entre varias estaciones, pero si se puede duplicar la estación para poder procesar dos piezas al mismo tiempo, obteniendo el mismo efecto. Igualmente habrá que considerar la eficiencia de los procesos, que resta productividad. Esto se verá en el capítulo 8.

# Equilibrado del proceso

## Eficiencia y Balanceo de Líneas

Tener una línea de fabricación equilibrada es un objetivo claro para optimizar los recursos productivos, pero no siempre será posible. El reparto de las tareas entre las estaciones de trabajo nos dará como resultado un tiempo de ciclo en cada una de ellas. La estación que tenga el tiempo de ciclo mayor se llama **cuello de botella** y será la que marque el ritmo de la producción.

Una primera medida de la **eficiencia del balanceo** de las operaciones entre las distintas estaciones, se puede obtener dividiendo el tiempo total de las tareas por el producto entre el número total de estaciones de trabajo y el tiempo de ciclo del cuello de botella. Este porcentaje nos dará idea de lo desequilibrada que esté la línea de producción, entendido como la cantidad de tiempo que los recursos de la empresa están ociosos a causa de esperar a que el cuello de botella procese la producción.

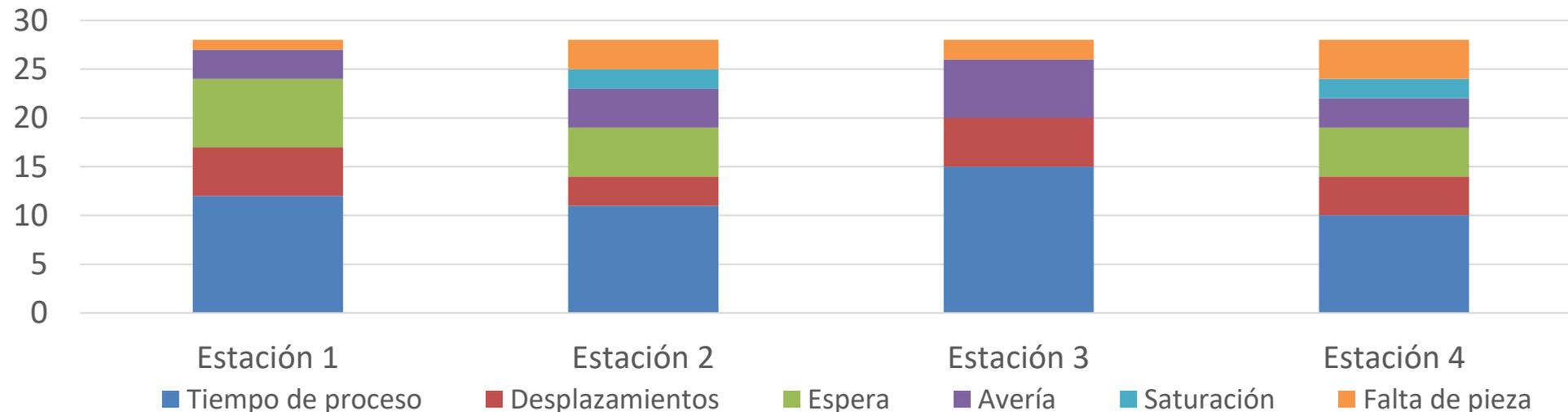
$$\text{Eficiencia del balanceo} = \frac{\text{Tiempo total de las tareas}}{(\text{Tiempo de ciclo del cuello de botella}) \cdot (\text{N}^{\circ} \text{ de estaciones de trabajo})}$$

# Equilibrado del proceso

## Yamazumi

Yamazumi es un término japonés que significa “apilar” y que en el contexto del equilibrado de líneas y de Lean Manufacturing se refiere a una herramienta que se usa para visibilizar, de manera gráfica, tanto el equilibrado de las líneas de producción como el desperdicio de tiempos.

Se trata de hacer una grafica de barras en la que cada barra representa una estación de proceso. La altura de la barra es fija y corresponde con el tiempo disponible para producir. A partir de allí, la barra se descompone en los conceptos que aportan valor al producto (tiempo de proceso, que nos servirá para evaluar el equilibrado) y en los que no añaden valor (que servirán en esta visualización para analizar posibles optimizaciones y balanceos).



# Anexo

## Anexo: El caso McDonald's

No hace falta irse a un entorno industrial para apreciar como un buen layout y organización del trabajo ayudan a la eficiencia de los procesos. En muchos textos sobre organización industrial se cita la simplicidad del layout productivo de la cocina de los restaurantes de McDonald's como ejemplo de un layout equilibrado y flexible que permite trocear las operaciones, disponerlas en secuencia, customizar el producto a demanda y aumentar la capacidad productiva en las horas de mayor afluencia.

